COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT QUATRE-VINGT-QUATORZIÈME.

JANVIER — JUIN **1932**.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et C[ie], IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1932

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1932

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie.*

Messieurs :

PAINLEVÉ (*Paul*), ✻.
HADAMARD (*Jacques*-Salomon), O. ✻.
GOURSAT (*Édouard*-Jean-Baptiste), C. ✻.
BOREL (Félix-Édouard-Justin-*Émile*), O. ✻.
LEBESGUE (*Henri*-Léon), ✻.
CARTAN (*Élie*-Joseph), O. ✻.

SECTION II. — *Mécanique.*

VIEILLE (*Paul*-Marie-Eugène), G. C. ✻.
LECORNU (*Léon*-François-Alfred), C. ✻.
MESNAGER (*Augustin*-Charles-Marie), C. ✻.
DRACH (*Jules*), ✻.
JOUGUET (Jacques-Charles-*Émile*), O. ✻.
. . . .

SECTION III. — *Astronomie.*

DESLANDRES (*Henri*-Alexandre), C. ✻.
BIGOURDAN (*Guillaume*), O. ✻.
BAILLAUD (Édouard-*Benjamin*), G. O. ✻.
HAMY (*Maurice*-Théodore-Adolphe), O. ✻.
ESCLANGON (*Ernest*-Benjamin), ✻.
MAURAIN (*Charles*), O. ✻.

Section IV. — *Géographie et Navigation.*

Messieurs :

LALLEMAND (Jean-Pierre, *dit Charles*), O. ✻.
FOURNIER (François-*Ernest*), G. C. ✻, ✠.
BOURGEOIS (Joseph-Émile-*Robert*), G. C. ✻.
FERRIÉ (*Gustave*), G. O. ✻.
FICHOT (Lazare-*Eugène*), G. O. ✻.
PERRIER (Antoine-François-Jacques-Justin-*Georges*), C. ✻.

Section V. — *Physique générale.*

VILLARD (*Paul*), O. ✻.
BRANLY (*Édouard*-Eugène-Désiré), C. ✻.
BRILLOUIN (Louis-*Marcel*), O. ✻.
PERRIN (*Jean*-Baptiste), C. ✻.
COTTON (*Aimé*-Auguste), O. ✻.
FABRY (Marie-Paul-Auguste-*Charles*), O. ✻.

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie.*

LE CHATELIER (*Henry*-Louis), G. O. ✻.
BÉHAL (*Auguste*), G. O. ✻.
URBAIN (*Georges*), O. ✻.
BERTRAND (*Gabriel*-Émile), O. ✻.
MATIGNON (Arthème-*Camille*), O. ✻.
DELÉPINE (*Marcel*-Stéphane), O. ✻.

Section VII. — *Minéralogie.*

BARROIS (*Charles*-Eugène), C. ✻.
DOUVILLÉ (Joseph-*Henri*-Ferdinand), O. ✻.
WALLERANT (*Frédéric*-Félix-Auguste), O. ✻.
LAUNAY (*Louis*-Auguste-Alphonse DE), O. ✻.
CAYEUX (*Lucien*), O. ✻.
JACOB (*Charles*-François-Étienne), ✻.

SECTION VIII. — *Botanique.*

Messieurs :

MANGIN (*Louis*-Alexandre), C. ✻.
COSTANTIN (*Julien*-Noël), O. ✻.
LECOMTE (Paul-*Henri*), O. ✻.
DANGEARD (*Pierre-Augustin*-Clément), O. ✻.
MOLLIARD (*Marin*), O. ✻.
BLARINGHEM (*Louis*-Florimond), ✻.

SECTION IX. — *Économie rurale.*

ROUX (Pierre-Paul-*Émile*), G. C. ✻.
LECLAINCHE (Auguste-Louis-*Emmanuel*), G. O. ✻.
VIALA (*Pierre*), C. ✻.
CALMETTE (Léon-Charles-*Albert*), G. C. ✻.
LAPICQUE (*Louis*-Édouard), O. ✻.
FOSSE (*Richard*-Jules), ✻.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

BOUVIER (*Louis*-Eugène), C. ✻.
MARCHAL (*Paul*-Alfred), C. ✻.
JOUBIN (*Louis*-Marie-Adolphe-Olivier-Édouard), C. ✻.
MESNIL (*Félix*-Étienne-Pierre), O. ✻.
GRAVIER (*Charles*-Joseph), O. ✻.
CAULLERY (*Maurice*-Jules-Gaston-Corneille), O. ✻.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

ARSONVAL (Jacques-*Arsène* D'), G. C. ✻.
RICHET (Robert-*Charles*), G. O. ✻.
QUÉNU (*Édouard*-André-Victor-Alfred), C. ✻.
BAZY (*Pierre*-Jean-Baptiste), C. ✻.
VINCENT (Jean-*Hyacinthe*), G. O. ✻.
ACHARD (Émile-*Charles*), C. ✻.

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

Messieurs :

PICARD (Charles-*Émile*), G. O. ✻, pour les sciences mathématiques.
LACROIX (François-Antoine-*Alfred*), C. ✻, pour les sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

BLONDEL (*André*-Eugène), C. ✻.
JANET (*Paul*-André-Marie), C. ✻.
BRETON (*Jules-Louis*).
OCAGNE (Philibert-*Maurice* D'), C. ✻.
BROGLIE (Louis-César-Victor-*Maurice*, duc DE), O. ✻.
DESGREZ (*Alexandre*), O. ✻.
SÉJOURNÉ (Aignan-*Paul*-Marie-Joseph), G. O. ✻.
CHARCOT (*Jean*-Baptiste-Étienne-Auguste), C. ✻.
HELBRONNER (*Paul*), O. ✻.
GRAMONT (*Armand*-Antoine-Auguste-Agénor, duc DE), O. ✻.

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

SABATIER (*Paul*), G. O. ✻, à Toulouse.
FLAHAULT (*Charles*-Henri-Marie), O. ✻, à Montpellier.
GRIGNARD (François-Auguste-*Victor*), O. ✻, à Lyon.
WEISS (*Pierre*-Ernest), O. ✻, à Strasbourg.
NICOLLE (*Charles*-Jules-Henri), C. ✻, à Tunis.
CUÉNOT (*Lucien*-Claude-Jules-Marie), ✻, à Nancy.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

CHARPY (Augustin-*Georges*-Albert), O. ✻, à Paris.
LUMIÈRE (*Louis*-Jean), C. ✻, à Neuilly-sur-Seine.
LAUBEUF (Alfred-*Maxime*), C. ✻, à Toulon.
CLAUDE (*Georges*), ✻, à Rueil (Seine-et-Oise).
GUILLET (*Léon*-Alexandre), C. ✻, à Paris.
REY (*Jean*-Alexandre), C. ✻, à Paris.

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

Messieurs :

VOLTERRA (*Vito*), G. O. ✻, à Rome.
HALE (*George* Ellery), à Pasadena (Californie).
THOMSON (Sir *Joseph* John), à Cambridge (Angleterre).
BRÖGGER (*Waldemar Christofer*), C. ✻, à Oslo.
BORDET (*Jules*-Jean-Baptiste-Vincent), C. ✻, à Bruxelles.
PATERNO DI SESSA (*Emanuele*), G. O. ✻, à Rome.
WINOGRADSKY (*Serge*), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
TORRES QUEVEDO (*Leonardo*), C. ✻, à Madrid.
RUTHERFORD (Lord *Ernest*), à Cambridge (Angleterre).
WILSON (*Edmund* Beecher), à New York.
....
....

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10 + 1).

HILBERT (*David*), à Göttingen.
LA VALLÉE POUSSIN (*Charles*-Jean-Gustave-Nicolas DE), O. ✻, à Louvain.
LARMOR (Sir *Joseph*), à Cambridge (Angleterre).
DICKSON (*Leonard Eugene*), à Chicago.
BAIRE (*René*-Louis), ✻, à Thonon (Haute-Savoie).
NÖRLUND (*Niels Erik*), ✻, à Copenhague.
BERNSTEIN (*Serge*), à Kharkow.
BIRKHOFF (*George* David), à Cambridge (Massachusetts).
CASTELNUOVO (*Guido*), à Rome.
FABRY (Charles-*Eugène*), ✻, à Marseille.
COTTON (*Émile*-Clément), ✻, à Grenoble.

SECTION II. — *Mécanique* (10).

Messieurs :

LEVI-CIVITA (*Tullio*), à Rome.
SPARRE (le comte *Magnus*-Louis-Marie DE), ✻, à Lyon.
WADDELL (*John Alexander Low*), à New York.
ANDRADE (*Jules*-Frédéric-Charles), ✻, à Cayeux (Somme).
CAMICHEL (*Charles*-Moïse), O. ✻, à Toulouse.
VILLAT (*Henri*-René-Pierre), ✻, à Paris.
ROY (*Louis*-Maurice), à Toulouse.
AUCLAIR (Noël-Marie-*Joseph*), O. ✻, à Bellevue.
STODOLA (*Aurel*), à Zurich.
LOVE (*Augustus Edward Hough*), à Oxford.

SECTION III. — *Astronomie* (10).

VERSCHAFFEL (*Aloys*), ✻, à Villefranque (Basses-Pyrénées).
DYSON (Sir *Frank* Watson), à Greenwich.
GONNESSIAT (*François*), ✻, à Alger.
CAMPBELL (*William Wallace*), O. ✻, au Mount Hamilton (Californie).
FABRY (*Louis*), ✻, à Marseille.
FOWLER (*Alfred*), à Londres.
BROWN (*Ernest William*), à New-Haven (Connecticut).
PICART (Théophile-*Luc*), O. ✻, à Bordeaux.
....
....

SECTION IV. — *Géographie et Navigation* (10).

TEFFÉ (le baron Antonio Luiz DE), à Petropolis (Brésil).
HEDIN (*Sven* Anders), à Stockholm.
DAVIS (*William Morris*), ✻, à Cambridge (Massachusetts).
TILHO (*Jean*-Auguste-Marie), C. ✻, à Paris.
BERLOTY (Camille-Marie-Antoine-*Bonaventure*), ✻, à Ksara (Syrie).
BOWIE (*William*), à Washington.
GERLACHE DE GOMERY (le baron *Adrien* DE), O. ✻, à Bruxelles.
RICHARD (*Jules*), O. ✻, à Monaco.
....
....

Section V. — *Physique générale* (10).

Messieurs :

GUILLAUME (*Charles-Édouard*), C. ✻, à Sèvres.
MATHIAS (*Émile*-Ovide-Joseph), ✻, à Clermont-Ferrand.
ZEEMAN (*Pieter*), à Amsterdam.
BRAGG (Sir *William* Henry), à Londres.
MILLIKAN (*Robert Andrews*), à Pasadena (Californie).
GUYE (*Charles-Eugène*), ✻, à Genève.
TOWNSEND (*John* Sealy), ✻, à Oxford.
CABRERA (*Blas*), à Madrid.
GUTTON (*Camille*-Antoine-Marie), O. ✻, à Paris.
. . . .

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie* (10 + 1).

FORCRAND DE COISELET (Hippolyte-*Robert* DE), O. ✻, à Nice.
GUNTZ (*Antoine*-Nicolas), O. ✻, à Nancy.
WALDEN (*Paul*), à Rostock (Allemagne).
PICTET (*Amé*), O. ✻, à Genève.
RECOURA (*Albert*), O. ✻, à Grenoble.
SENDERENS (*Jean-Baptiste*), ✻, à Rabastens-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées).
HADFIELD (Sir *Robert* Abbott), O. ✻, à Londres.
POPE (Sir *William* Jackson), à Cambridge (Angleterre).
PASCAL (*Paul*-Victor-Henri), ✻, à Paris.
SWARTS (*Frédéric*-Jean-Edmond), O. ✻, à Gand.
HOLLEMAN (*Arnold Frederik*), ✻, à Bloemendaal (Pays-Bas).

Section VII. — *Minéralogie* (10).

HEIM (*Albert*), à Zurich.
GROSSOUVRE (Marie-Félix-*Albert* DURAND DE), O. ✻, à Bourges.
FRIEDEL (*Georges*), O. ✻, à Strasbourg.

Messieurs :

BIGOT (*Alexandre*-Pierre-Désiré), ✻, à Mathieu (Calvados).
LUGEON (*Maurice*), C. ✻, à Lausanne.
MARGERIE (*Emmanuel*-Marie-Pierre-Martin JACQUIN DE), O. ✻, à Paris.
OSBORN (*Henry Fairfield*), à Garrisson (New York).
VERNADSKY (*Wladimir*), à Leningrad.
CESÁRO (*Giuseppe* Raimondo Pio), à Liége.
. . . .

SECTION VIII. — *Botanique* (10 + 1).

DE VRIES (*Hugo*), à Lunteren (Pays-Bas).
VUILLEMIN (Jean-*Paul*), ✻, à Malzéville (Meurthe-et-Moselle).
SAUVAGEAU (*Camille*-François), ✻, à Bordeaux.
CHODAT (*Robert*-Hippolyte), ✻, Palmella, Pinchat, près de Genève.
LECLERC DU SABLON (Albert-*Mathieu*), ✻, à Vénéjan (Gard).
JUMELLE (*Henri*-Lucien), ✻, à Marseille.
MAIRE (*René*-Charles-Joseph-Ernest), ✻, à Alger.
THAXTER (*Roland*), à Cambridge (Massachusetts).
SCOTT (*Dukinfield Henry*), à Oakley, Hants (Angleterre).
DANIEL (*Lucien*-Louis), ✻, à Rennes.
IKENO (*Seiitiro*), à Tokyo.

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

PERRONCITO (*Edoardo*), C. ✻, à Turin.
IMBEAUX (Charles-*Édouard*-Augustin), O. ✻, à Nancy.
RUSSELL (Sir Edward *John*), à Harpenden (Angleterre).
RAVAZ (Etienne-*Louis*), O. ✻, à Montpellier.
PORCHER (*Charles*-Casimir-Toussaint), O. ✻, à Paris.
SERGENT (Étienne-Louis-Marie-*Edmond*), O. ✻, à Mustapha-Alger.
THEILER (Sir *Arnold*), à Lucerne.
LAGATU (*Henri*), O. ✻, à Montpellier.
. . . .
. . . .

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

Messieurs :

RAMON CAJAL (*Santiago*), C. ✻, à Madrid.
BOULENGER (*George-Albert*), à Bruxelles.
BATAILLON (Jean-*Eugène*), O. ✻, à Montpellier.
VAYSSIÈRE (Jean-Baptiste-Marie-*Albert*), ✻, à Marseille.
LAMEERE (*Auguste*-Alfred-Lucien-Gaston), ✻, à Saint-Gilles-lez-Bruxelles.
SCHMIDT (Ernst *Johannes*), C. ✻, à Copenhague-Valby.
LÉGER (*Louis*-Urbain-Eugène), O. ✻, à Grenoble.
PELSENEER (*Paul*), O. ✻, à Bruxelles.
MORGAN (*Thomas Hunt*), à Pasadena (États-Unis).
....

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

PAVLOV (*Jean* Petrovitch), à Leningrad.
YERSIN (*Alexandre*-John-Émile), C. ✻, à Nha-Trang (Annam).
WRIGHT (Sir *Almroth* Edward), à Londres.
SHERRINGTON (Sir *Charles* Scott), à Oxford.
FREDERICQ (*Léon*), à Liége.
FORGUE (*Émile*), C. ✻, à Paris.
CARREL (*Alexis*), C. ✻, à New York.
LUMIÈRE (*Auguste*-Marie-Louis-Nicolas), C. ✻, à Lyon.
FLEXNER (*Simon*), C. ✻, à New York.
....



COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 JANVIER 1932.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY, PUIS DE M. ROBERT BOURGEOIS.

M. **Louis de Launay**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1931.

État de l'impression des recueils de l'Académie au 1er *janvier* 1932.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Les tomes 190 (1er semestre de l'année 1930), et 191 (2e semestre de l'année 1930) sont parus avec leurs tables et ont été mis en distribution.

Le volume des tables générales pour la période 1911-1925, *Auteurs*, est paru et a été mis en distribution.

Les numéros des 1er et 2e semestres de l'année 1931 sont parus, chaque semaine, avec la régularité habituelle. Les tables du 1er semestre sont à l'impression.

Mémoires de l'Académie. — Le tome 60 est à l'impression.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Un volume de tables générales est en voie d'achèvement

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1932 est paru; il est mis en distribution au cours de la présente séance.

Les membres et les correspondants de l'Académie Royale des Sciences (1666-1793). — Cette liste, constituée pour la première fois, a été imprimée en 1931; elle est en distribution au Secrétariat.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1931.

Section de Mécanique. — M. **Gabriel Kœnigs**, le 29 octobre, à Paris.

Membres non résidants. — M. **Eugène Cosserat**, le 31 mai, à Toulouse.

Associés étrangers. — M. **Albert Michelson**, le 9 mai, à Pasadena.

Membres élus depuis le 1er janvier 1931.

Section de Géométrie. — M. **Élie Cartan**, le 9 mars, en remplacement de M. Paul Appell, décédé.

Section de Minéralogie. — M. **Charles Jacob**, le 2 mars, en remplacement de M. Pierre Termier, décédé.

Section d'Économie rurale. — M. **Richard Fosse**, le 19 janvier, en remplacement de M. Théophile Schlœsing, décédé.

Académiciens libres. — M. le duc **de Gramont**, le 9 février, en remplacement de M. Achille Le Bel, décédé.

Membres non résidants. — M. **Lucien Cuénot**, le 30 novembre, en remplacement de M. Eugène Cosserat, décédé.

Membres à remplacer.

Section de Mécanique. — M. **Gabriel Kœnigs**, mort à Paris, le 29 octobre 1931.

Associés étrangers. — Sir **Ray Lankester**, mort à Londres, le 15 août 1929; M. **Albert Michelson**, mort à Pasadena, le 9 mai 1931.

Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1931.

Pour la Section de Chimie. — M. **Raffaello Nasini**, le 30 mars, à Rome.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Friedrich Becke**, le 26 juin, à Vienne.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **Jakob Eriksson**, le 26 avril, à Stockholm; M. **Jean Effront**, le 22 août, à Bruxelles.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **René Koehler**, le 19 avril, à Lyon.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — Sir **David Bruce**, le 27 novembre, à Westminster.

Correspondants élus depuis le 1er janvier 1931.

Pour la Section de Géométrie. — M. **Eugène Fabry**, à Marseille, le 19 janvier, en remplacement de M. Charles Riquier, décédé; M. **Émile Cotton**, à Grenoble, le 2 février.

Pour la Section de Chimie. — M. **Arnold Frédérik Holleman**, à Bloemendaal, le 26 mai.

Pour la Section de Botanique. — M. **Seiitiro Ikeno**, à Tokyo, le 2 février.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Paul Pelseneer**, à Bruxelles, le 16 février, en remplacement de M. Albert Brachet, décédé; M. **Thomas Hunt Morgan**, à Pasadena, le 16 mars.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Simon Flexner**, à New-York, le 27 avril, en remplacement de M. Charles Nicolle, élu membre non résidant.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **Auguste Lebeuf**, mort à Besançon, le 13 juillet 1929; M. **Herbert Hall Turner**, mort à Stockholm, le 18 août 1930.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **Georges Lecointe**,

mort à Uccle, le 27 mai 1929; M. **Fridtjof Nansen**, mort à Oslo, le 13 mai 1930.

Pour la Section de Physique générale. — M. **René Blondlot**, mort à Nancy, le 24 novembre 1930.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Friedrich Becke**, mort à Vienne, le 26 juin 1931.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **Jakob Eriksson**, mort à Stockholm, le 26 avril 1931 ; M. **Jean Effront**, mort à Bruxelles, le 22 août 1931.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Lucien Cuénot**, élu membre non résidant, le 30 novembre 1931.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — Sir **David Bruce**, mort à Westminster, le 27 novembre 1931.

Pour les sections qui seront désignées par l'Académie :

A. — Le correspondant suivant pour la Section de Botanique : M. **Adolf Engler**, mort à Berlin-Dahlem, Allemagne, le 10 octobre 1930.

B. — Le correspondant suivant pour la Section de Chimie : M. **Raffaello Nasini**, mort à Rome, le 30 mars 1931.

C. — Le correspondant suivant pour la Section d'Anatomie et Zoologie : M. **René Koehler**, mort à Lyon, le 19 avril 1931.

M. **L. de Launay**, Président sortant, s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Arrivé au terme du mandat que vous avez bien voulu me confier, je vous remercie très vivement de votre bienveillance et je remercie nos Secrétaires perpétuels du précieux concours qu'ils m'ont apporté.

Je cède à M. le général Bourgeois le fauteuil de la présidence et j'invite le nouveau vice-président M. Richet à venir prendre place auprès de lui.

En prenant possession du fauteuil de la Présidence, M. **Robert Bourgeois** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Permettez-moi, tout d'abord, en prenant possession pour cette année du fauteuil présidentiel, de vous remercier de l'honneur que vous m'avez fait l'an dernier, en me nommant Vice-Président, et conséquemment Président pour l'année 1932. Je m'efforcerai de me rendre digne de votre confiance, du reste je n'aurai qu'à suivre l'exemple que m'a donné pendant l'année qui vient de s'écouler mon éminent prédécesseur notre confrère de Launay.

Le Français moyen, puisque l'usage veut aujourd'hui qu'on l'appelle ainsi, pense très certainement que les fonctions de Président de l'Académie des Sciences consistent tout au moins à exercer une certaine action de direction au cours des séances. Nous savons tous ici qu'il n'en est absolument rien.

Et ceci m'amène à accomplir ce qui est en quelque sorte devenu un rite annuel, en attendant que quelque esprit malveillant ne le qualifie de rengaine, rite qui veut que je dise un mot de la tenue de nos séances.

Chaque année le Président entrant souhaite dans son discours de bienvenue que les orateurs obtiennent enfin l'attention qui leur est due. C'est hélas en vain que ce vœu annuel se répète. Du reste, que voulez-vous que fasse pour le réaliser le malheureux Président, avec les armes que l'Académie met entre ses mains! Une sonnette, qui date peut-être bien de la réorganisation de l'An IV, et qui n'a qu'un défaut, capital pour une sonnette, c'est qu'il est à peu près impossible d'en tirer un son. Puis, pour y suppléer, une sorte de plumier de bois et un couteau à papier, à l'aide desquels il doit chercher à produire un bruit de crécelle, qui domine rarement celui des conversations, et en tout cas, qu'il le domine ou non, ne produit aucun effet. Il faut donc encore se résigner à ne pas obtenir le silence et considérer notre salle des séances comme l'un des derniers salons où l'on cause, bruyamment et tous ensemble.

Il est toutefois à craindre que nos Associés et Correspondants étrangers qui viennent à nos lundis n'y voient quelque chose de choquant et peut-être même en rapportent l'impression que nous manquons tout à fait de courtoisie. Je serai volontiers de leur avis. Sans vouloir en effet indisposer aucun d'entre vous, je crois que je puis dire que la grande majorité de notre Compagnie n'est plus dans la prime jeunesse et qu'alors forcément les

cordes vocales de quelques confrères ont le droit d'être un peu fatiguées. Nous devrions être courtois tout au moins vis-à-vis d'eux. Notre fabuliste La Fontaine a dit quelque part : « Cet âge est sans pitié ». Il parlait je crois du jeune âge et il ne faudrait pas que cela s'applique par trop à l'âge des Académiciens. Faisons donc preuve d'une bonne camaraderie confraternelle, et essayons un peu de faire silence, tout au moins quand l'un de nos confrères fait une communication d'une voix qui n'a plus qu'une intensité très relative.

Pour être franc, je dois dire que je ne me fais aucune illusion et que je crains fort que mes recommandations restent lettre morte. Je crois que l'on n'écoutera pas davantage cette année que les années précédentes, que l'on fera autant de bruit et que chacun de nous se contentera de lire aux *Comptes rendus* les Communications qui l'intéressent.

Si je me suis un peu étendu sur ce sujet, c'est pour me conformer à ce qui prend l'allure d'une tradition respectable qu'il faut conserver à défaut d'autre chose, et je m'en excuse. Mais avant de terminer, je forme du plus profond de mon cœur un vœu que je voudrais, que nous voudrions tous voir exaucé, c'est que dans un an, quand je passerai la Présidence à notre éminent et si sympathique confrère le Dr Richet, nous soyons tous encore présents ici, pour la première séance de 1933.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En déposant sur le bureau le 16e *Annuaire de l'Académie des Sciences*, M. **A. Lacroix** s'exprime en ces termes :

De grands efforts ont été faits pour constituer dans nos Archives un dossier historique consacré à chacun des personnages (Membres, Associés étrangers, Correspondants), figurant sur notre *Annuaire* (1795-1932).

Pour la première fois, nous avons pu porter l'indication qualitative des documents (*autographes*, *portraits*, *médailles*, *bustes*) que nous possédons sur chacun de ceux qui y sont cités.

Cette année nous nous sommes plus particulièrement attachés aux *portraits* en nous adressant aux intéressés pour la période actuelle, aux

familles des défunts, aux grandes Académies étrangères et françaises, à d'autres corps savants, etc.

Nous remercions vivement tous ceux qui, nombreux, ont répondu à cette demande.

Il reste malheureusement encore un grand nombre de lacunes; nous faisons un appel pressant à ceux de nos Confrères ou Collègues *qui ne se sont pas encore mis en règle à ce point de vue avec l'Académie*. Nous serons reconnaissants aussi à tous ceux qui voudront bien nous procurer — ou nous indiquer le moyen de nous procurer — les portraits dont l'indication ne figure pas dans le présent *Annuaire*.

ICONOGRAPHIE DES MEMBRES DE L'INSTITUT. — En présentant à l'Académie le second volume de ses *Profils de Confrères*, M. **Paul Helbronner** s'exprime de la façon suivante :

Avec cette nouvelle série de cent cinquante dessins, je suis arrivé, dans ces vingt derniers mois, à l'achèvement complet de tout le programme que je m'étais mis en tête de mener à bien dès qu'il me fut donné de bénéficier des encouragements qui avaient accueilli mes premiers essais.

J'ai donc cherché à compléter l'iconographie de tous les membres nationaux des cinq Académies composant l'Institut de France, vivant à une époque donnée.

Par le jeu des circonstances et de la réalisation de ce travail, cette époque d'état complet s'est trouvée comprise entre le mois de juillet et le mois de novembre 1931, c'est-à-dire que les deux volumes, comprenant trois cents profils, correspondent avant tout, sans une seule exception, à la présentation des confrères français vivants, y occupant un fauteuil pendant cette période. Mais j'ai tenu aussi à y incorporer, soit au cours d'un de leurs séjours à Paris, soit en allant les chercher chez eux, un certain nombre de nos confrères associés étrangers.

C'est d'ailleurs cette dernière méthode que j'ai dû employer même pour un certain nombre de membres français, qui, presque définitivement fixés en province ou malades, me conduisaient à concevoir l'impossibilité de les réunir dans un délai raisonnable à ceux que je pouvais avoir facilement à ma disposition à Paris. Et alors je me suis décidé, uniquement pour ce but spécial, à entreprendre en avril dernier, un voyage dans le Midi, à Pau, à Toulouse, à Montpellier et sur la côte méditerranéenne,

pour rencontrer sept d'entre eux, auprès de deux desquels — Gauvain et Durrbach, — j'arrivais juste assez à temps pour être admis au chevet du lit d'où ils ne devaient plus se relever, et pour être reçu par un troisième — Cosserat — qui ne devait pas tarder à les suivre dans la tombe.

Mais à part ce voyage spécial qui dura deux semaines, la confection de ces trois cents profils s'est effectuée parallèlement et sans amener de diversion sérieuse à la poursuite ardente — occupation fondamentale de tous les instants de ma vie — de l'élaboration et de la publication de ma *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*, dont dix éléments, sur quatorze prévus, auront paru avant la fin de la présente année 1932, si aucune grave perturbation physique ou matérielle ne vient entraver le programme — déjà très avancé de réalisation — des mois immédiatement proches.

D'ailleurs avec le respect et la modestie que doit m'imposer la grande mémoire du Maréchal de Vauban, je me permettrai de rappeler, pour la présente production, le qualificatif de « *mes Oisivetés* » que l'illustre ingénieur donna comme titre à l'ensemble de ses œuvres qu'il considérait comme secondaires.

Cependant, la mort a fauché constamment dans les champs où je moissonnais : hier encore, notre confrère Gsell, de l'Académie des Inscriptions, tombait à son tour en suivant la vingtaine de ceux qui ont disparu depuis le début de l'établissement de ces profils.

Quoi qu'il en soit et puisqu'on a bien voulu me le dire à de nombreuses reprises d'une façon autorisée et variée, en m'apportant de précieux et chaleureux encouragements qui m'ont profondément touché, je veux me croire justifié de cette publication par l'idée de laisser un état figuratif des traits animant l'Institut de France à une époque déterminée de son histoire, ce qui depuis plus de deux siècles et demi, avait été, il est vrai, tenté à plusieurs reprises, mais jamais complètement réalisé.

Et si je n'ai fait tirer de ce second volume (qui, comme le premier, n'est pas commercialisé) que le nombre d'exemplaires presque strictement nécessaire pour la distribution exclusive aux seuls confrères — qui le recevront incessamment — je suppose que la rareté du tirage ne l'empêchera pas de contribuer pour sa modeste part à l'Histoire de notre grand Corps National dont c'est, avant tout, la gloire qui viendra jeter quelque éclat sur ces dessins.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la fertilité du Lis blanc* (Lilium candidum L.). Note [1] de M. L. **Blaringhem.**

Le Lis blanc donne rarement des fruits et exceptionnellement de bonnes graines; les graines formées germent facilement et évoluent en plantules vigoureuses; mais, à ma connaissance, il n'y a pas de cas authentique de floraison de Lis blanc né de graines. En effet la formation des graines des Lis est accompagnée de circonstances qui peuvent faire croire que tous les Lis blanc sont les produits par multiplication d'un seul individu autostérile; d'autre part on cite quelques hybrides du Lis blanc, ce qui implique l'existence d'une possibilité de formation de bonnes graines suivies de progéniture offrant la plupart des traits du Lis blanc.

Dupetit-Thouars (1829) et après lui Charles Naudin (*Revue horticole*, 1865, p. 12) ont obtenu des fructifications du Lis blanc par un procédé déjà connu il y a quatre siècles, et décrit par Conrad Gesner. Vers la fin de la floraison, il faut couper les hampes fleuries et fécondées au ras du sol, les suspendre la tête en bas dans un lieu éclairé; on voit les ovaires grossir et la tige au lieu de se dessécher reste charnue jusqu'à l'automne. J'ai eu l'occasion d'obtenir à plusieurs reprises des graines capables de germer à partir du Lis blanc type; j'ai à Bellevue des produits de ces graines en fortes plantules de deux ans qui ne fleuriront que dans cinq ou six années, et j'ai mis en observation les parents qui constituent à la Station Berthelot une planche de trente touffes étudiées depuis 1929. La saison très favorable à la pollinisation de juin 1931 m'a permis de faire des observations suivies dont les résultats confirment les deux hypothèses ci-dessus énoncées.

Et d'abord la section des axes doit être recommandée pour obtenir des fruits bien noués et peut-être des graines fertiles. J'ai fait à ce sujet la comparaison des grossissements d'ovaires, deux sur trois des hampes, toutes les fois que trois axes étaient développés dans la même touffe et, pour tous les axes laissés en place, je n'ai obtenu aucun grossissement des ovaires. Bien plus, la recommandation donnée par Gesner, puis par Dupetit-Thouars, puis par Ch. Naudin, de suspendre les axes la tête en bas après la floraison favorise incontestablement la formation des fruits et la maturation de graines susceptibles de germer; dans mes épreuves de juin 1931, les hampes fleuries de 21 plantes furent traitées selon la recom-

[1] Séance du 28 décembre 1931.

mandation de Naudin; les hampes de 9 plantes furent coupées le même jour, placées dans un bocal renfermant de l'eau, la tête en l'air; dans la première série 128 fleurs fournirent 28 fruits bien conformés avec un total de 198 graines pleines; dans la seconde 36 fleurs fécondées de même ne fournirent que trois fruits renfermant 2 graines bien nouées. Il est incontestable que le mode de dessiccation détermine la formation normale des fruits et par suite l'accumulation des réserves suffisantes pour le développement convenable des ovules fécondés en graines capables de germer.

On peut d'autre part affirmer que la position terminale, subterminale, ou dispersée au bas de la grappe, de la fleur influe sur la productivité en fruit et en graines. Pour les 21 plantes (ou pieds distincts) dont les fruits ont mûri à sec, les 28 hampes qui ont donné des fruits se répartissent en 11 hampes donnant des fruits terminaux, 7 donnant des fruits subterminaux et 10 des fruits répartis depuis la première jusqu'à l'avant-pénultième fleur épanouie, proportions 11 : 28; 7 : 28 et 10 : 72 qui sont entre elles comme 5 est à 8 ou à 14. Autrement dit la dernière fleur de la hampe a trois fois plus de chance de nouer, toutes circonstances égales, que les premières fleurs.

Enfin le nombre des graines capables de germer confirme ces déductions; il est de 95 pour les fruits terminaux, de 22 pour les fruits avant-derniers, de 49 pour les fruits dérivant de la première fleur à l'antépénultième, pour un total de 198 graines. Autrement dit le dernier fruit offre environ dix fois plus de chances de donner de bonnes graines que les fruits de la base des hampes.

Ces résultats et d'autres faits moins importants, mais significatifs, montrent bien que des traitements appropriés peuvent modifier dans des proportions notables les résultats des fécondations illégitimes (par le propre pollen de la fleur (ou légitimes) par des pollens de pieds différents) des ovaires du Lis blanc; les expériences faites en juin 1931 établissent, d'autre part, avec une très grande netteté l'influence de l'origine du pollen. Par exemple, deux des dernières fleurs épanouies n'ont pu être pollinisées par le pollen *Lilium candidum* puisque toutes les étamines étaient desséchées et tombées; j'ai utilisé le pollen d'un pied de *Lilium Martagon* L. cultivé dans le même enclos, et j'ai obtenu deux beaux fruits, l'un avec 22 graines, l'autre avec 10 bonnes graines; la pollinisation par une espèce éloignée a donc fourni des résultats de beaucoup supérieurs à ceux de la pollinisation par le pollen de l'espèce.

En examinant les résultats obtenus par la pollinisation croisée de

164 fleurs par le pollen légitime du Lis blanc, je ne trouve que deux fruits donnant un nombre plus élevé de graines, l'un avec 33 graines pleines, l'autre avec 24 graines pleines, puis deux autres cas comparables, l'un avec 18 graines pleines, l'autre avec 16 graines pleines.

Les fruits pourvus de bonnes graines nombreuses dérivent de fleurs terminales comme c'est le cas pour les fleurs pollinisées par *Lilium Martagon* L. et les fleurs ayant donné les fruits dont il vient d'être parlé, sauf un. En effet, le fruit à 16 graines pleines provient de la deuxième fleur épanouie à partir de la base d'une hampe portant 5 fleurs; il s'est formé sur une plante (*j*) sur laquelle j'ai récolté 4 fruits, et le pollen de cette plante (*j*) a fait nouer les fruits de cinq autres pieds du lot. La plante (*j*) est donc particulièrement douée pour fournir des graines et du pollen de bonne qualité.

Mais ce résultat n'est pas le seul indice de l'activité singulière de quelques pieds dans les résultats de l'ensemble; les pieds (*m*), (*l*), (*y*) donnent des résultats du même ordre, et ces indices sont les lettres dans l'ordre où les pieds sont actuellement disposés dans la plate-bande de Bellevue. C'est avec le pied (*c*) que l'influence individuelle des ovules et des pollens fut la mieux marquée. Bien que cette plante n'ait donné qu'un petit nombre (3) de fleurs, la dernière fleur pollinisée par *Lilium Martagon* a donné 22 bonnes graines, et c'est son pollen, qui, agissant sur la deuxième fleur d'une hampe à 5 fleurs de la plante (*j*), a fourni 16 bonnes graines capables de germer.

En résumé, il est nécessaire, pour obtenir de bonnes graines du *Lilium candidum* L., de couper presque immédiatement après la floraison les hampes de fleurs pollinisées artificiellement avec le pollen d'autres pieds de lis. Tout retard entraîne l'avortement et la dessiccation de l'ovaire par l'activité que le bulbe du lis manifeste en attirant à lui les réserves accumulées dans la hampe. Mais il faut aussi tenir compte de l'origine et de la qualité des pollens; les pollens du *Lilium Martagon* L. dans mes expériences, du *Lilium testaceum* Lindley (d'après L. Henry, *Revue horticole*, 1906, p. 158), de certains pieds de *Lilium candidum* L. d'après mes propres études ont une activité particulière et sont indispensables pour provoquer la fécondation véritable et par suite le développement des fruits et des graines.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Existence et répartition de la caféine et de la théobromine dans les organes du guarana.* Note (¹) de MM. **Gabriel Bertrand** et **P. de Berredo Carneiro.**

Nos précédentes recherches ont montré, contrairement aux assertions des divers auteurs, que la pâte de guarana, préparée avec les graines de *Paullinia cupana* H. B. et K., renferme une proportion importante de caféine, sans théobromine ni alcaloïde quelconque (²).

Nous avons tenu à contrôler ce résultat en examinant non plus la pâte mais les graines qui servent à sa préparation. En outre, sachant que les racines, les feuilles et les fleurs sont utilisées à peu près dans le même but par les indigènes, nous avons projeté de soumettre toutes les parties de la plante à une étude chimique comparative. Grâce au concours bienveillant du Ministère de l'Agriculture du Brésil, nous avons reçu tous les échantillons nécessaires à ces recherches. Voici l'essentiel des résultats que nous avons alors obtenus (³).

Graines. — D'un poids moyen de 0g,67, elles sont formées d'environ 83,5 pour 100 d'amande et de 16,5 pour 100 d'enveloppe.

Dans les amandes nous avons rencontré exclusivement de la caféine, dans la proportion de 4,4 pour 100 du poids de la matière sèche.

Les enveloppes ou téguments ont déjà été analysés : Peckolt y a trouvé 2,4 pour 100 de caféine (⁴); Tschirch et Grogg y ont signalé, en outre, de la théobromine (⁵). Opérant de la même manière que pour la pâte et les amandes, sur 20g de matière sèche, nous avons dosé 2,29 pour 100 d'une substance ayant l'aspect de la caféine. Une extraction sur 300g de téguments nous a fourni 6g,6 de cette substance que nous avons soumise à un fractionnement par l'eau. L'expérience a montré qu'il s'agissait de caféine pure.

L'affirmation de Tschirch et Grogg ne doit donc plus être retenue. Il n'y a dans les graines, amandes et téguments que de la caféine, sans théobromine. Nous n'y avons pas non plus rencontré d'alcaloïde proprement dit, à

(¹) Séance du 28 décembre 1931.

(²) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 276, et, avec plus de détails, *Bull. Soc. Hyg. alim.*, 29, 1931, p. 257, ou *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 49, 1931, p. 1093.

(³) On trouvera les détails dans une autre publication.

(⁴) Peckolt, *Sitz. Ber. d. kais. Akad. Wien*, 54, 1866, p. 462.

(⁵) Tschirch et Grogg, *Handb. der. Pharmakognosie.*

l'aide des méthodes qui nous avaient déjà servis pour l'examen de la pâte.

Feuilles. — Comme les graines, ces organes ont déjà fait l'objet de quelques recherches. Peckolt n'y a pas reconnu de caféine, mais à la place une substance cristalline, inodore, fusible et volatile, qui n'a pas été autrement déterminée ([1]). Weevers, au contraire, a décelé, par une méthode microchimique, la présence de la caféine dans les feuilles jeunes, mais pas dans les feuilles âgées ([2]).

Il y a une part de vérité dans chacune de ces observations. Nous avons en effet retiré des feuilles une assez grande proportion de caféine et beaucoup plus encore de théobromine : 0,38 pour 100 de la première et 1,20 pour 100 de la seconde.

La théobromine a été identifiée par sa solubilité dans l'eau (0,030 pour 100 à 25°), par son point de fusion (+ 357-358°), par son analyse élémentaire (concordant avec la formule $C^7H^8N^4O^2$), par le dosage des groupes CH^3, enfin par la production et l'analyse du silicotungstate.

Racines. — Nous avons étudié séparément le cylindre central et l'écorce. Dans l'une et l'autre de ces parties, nous avons trouvé de la caféine, sans théobromine. Les dosages ont donné : dans le cylindre central 0,27 pour 100 et dans l'écorce 1,74 pour 100, rapportés à la matière sèche.

Tiges. — Ici encore nous avons analysé à part le bois et l'écorce. Dans le bois il y avait seulement 0,19 pour 100 de caféine, mais dans l'écorce il existait, comme dans les feuilles, un mélange de deux composés xanthiques : 0,17 pour 100 de caféine et 0,98 pour 100 de théobromine.

Inflorescences. — Enfin nous avons examiné les inflorescences en traitant à part les fleurs et le pédoncule ramifié qui les porte. Dans les deux cas nous avons trouvé de la théobromine et, pour ainsi dire, rien que de la théobromine. Dans les fleurs 1,54 pour 100 et dans le pédoncule 0,38 pour 100. Il nous a paru seulement, par l'examen au microscope des cristaux obtenus du chloroforme, qu'il y avait des traces de caféine.

En résumé, le *Paullinia cupana* ou guarana renferme à la fois de la théobromine et de la caféine, très inégalement réparties dans ses divers organes.

Dans la feuille et dans l'écorce des tiges, il y a beaucoup de théobromine et une quantité notable de caféine.

([1]) *Loc. cit.*

([2]) P. Weevers, *Proceed. Sect. Sci. Konink. Akad. Wetensch.*, Amsterdam, 29, 1929, p. 1048, et 32, 1929, p. 281.

Dans la fleur et dans l'axe ramifié de l'inflorescence, il y a beaucoup aussi de théobromine, mais seulement des traces de caféine.

Dans la graine, dans le bois des tiges et dans la racine, il y a de la caféine, mais sans théobromine.

D'après les enseignements de la physiologie végétale et les résultats que nous venons d'exposer, on est en droit d'admettre que la théobromine (ou diméthylxanthine) et la caféine (ou triméthylxanthine) prennent naissance dans les feuilles et dans les cellules chlorophyllées de l'écorce.

Dans les fleurs, le processus synthétique pourrait aussi se réaliser, mais le degré de méthylation de la xanthine ne dépasserait guère le terme théobromine.

Une fois formées, la théobromine et la caféine émigreraient vers les autres parties de la plante. Si, dans le bois de la tige, les racines et les graines, on ne trouve cependant que de la caféine, ce doit être parce que la théobromine y subit une méthylation complète ou parce que, beaucoup moins soluble, elle n'y arrive que difficilement.

En dehors de l'intérêt que ces résultats présentent au point de vue de la physiologie végétale, ils montrent que les feuilles de guarana doivent avoir sur l'organisme de l'homme une action différente de celle des graines, comme aussi des feuilles de thé et de maté, dans lesquelles il n'y a que de la caféine.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Troisième et dernier Rapport sur la publication des* Œuvres géologiques de Marcel Bertrand (1), par M. **Emm. de Margerie** (2).

Le Tome III des *Œuvres géologiques de* Marcel Bertrand, qui vient de paraître (3), et dont j'ai l'honneur de présenter un exemplaire à l'Académie, termine cette publication, dont l'achèvement a demandé plus de temps que l'éditeur et l'imprimeur ne l'avaient escompté tout d'abord. Il forme un volume d'environ 560 pages (XLI-LIII et 1401-1946), avec 22 figures et 6 planches; ce qui, ajouté aux deux tomes précédents, porte l'ensemble de l'ouvrage à 2000 pages, 391 figures et 35 planches.

---

(1) Séance du 28 décembre 1931.

(2) Pour les deux Rapports précédents, voir *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 821, et **188**, 1929, p. 1021.

(3) Paris, Dunod, 1931.

Le texte comprend les trois dernières parties prévues dans le plan général de l'entreprise, et qui groupent les travaux consacrés à des *Régions diverses* (V, articles CI-CXXXI), les *Études d'ordre général et théorique* (VI, art. CXXXII-CLIV), enfin les *Notices biographiques*, *Allocutions et Rapports* (VII, art. CLV-CLXIII).

Dans la cinquième Partie, on remarquera les Notes brèves, mais substantielles, dans lesquelles M. Bertrand avait résumé les résultats des observations faites avec W. Kilian, au cours de la Mission de 1884 en Andalousie (CIX-CXII), et qui ont ensuite été développées par les deux géologues dans les *Mémoires des Savants étrangers;* un lumineux article sur *Les Montagnes de l'Écosse*, rédigé à la suite d'une visite dans les Highlands (1892), en compagnie de B. N. Peach et de J. Horne (CXIV); un tableau sommaire de la géologie de la Russie, écrit au retour des excursions du Congrès international de 1897 (CXVI); enfin une série d'études sur l'Isthme de Panama et les phénomènes volcaniques dans l'Amérique Centrale, amorcées, avec le concours de Ph. Zürcher, pour le compte de la Compagnie du Canal Interocéanique (CXXVIII-CXXXI).

La sixième Partie nous offre le texte de deux conférences faites devant la Société Géologique de France, en 1887 et 1888, sur *La chaîne des Alpes et la formation du continent européen* (CXXXIV) et *Sur la distribution des Roches éruptives en Europe* (CXXXVI) qui, avec deux articles sur *Les récents progrès de nos connaissances orogéniques* (CXXXVIII) et *Les lignes directrices de la Géologie de la France* (CXLIV), représentent probablement les morceaux les plus parfaits, comme exposition, qui soient sortis de la plume de Marcel Bertrand.

Pourquoi faut-il qu'à la suite de ces brillants essais de synthèse, où le grand géologue faisait preuve de la plus incontestable maîtrise, et après la magnifique Préface qu'il donnait, en 1897, à la traduction française de l'Ouvrage d'Ed. Suess, *La Face de la Terre* (CXLIX), viennent une série de fragments (CLII-CLIV) où des vues plutôt inquiétantes apparaissent comme enveloppées de ténèbres et de mystère? Fidèle à la mission d'éditeur scrupuleux que j'avais à remplir, je ne me suis pas reconnu le droit, comme me le suggéraient certains conseils, de retrancher quoi que ce soit à l'expression écrite de la pensée de leur auteur : l'avenir saura faire le départ, dans ces *ultima verba* d'un génie défaillant, entre ce qui est d'ores et déjà caduc et ce qui mérite de lui survivre.

Dans la dernière Partie ont trouvé place, à côté de l'*Éloge* célèbre de *Charles Lory* (CLVI), plusieurs Rapports dans lesquels Marcel Bertrand a

su apprécier, en termes aussi justes que brefs, l'essentiel de l'Œuvre de ses confrères Ch. Barrois (CLX) et W. Kilian (CLXI, CLXIII).

A titre d'*Appendice*, il a paru intéressant de reproduire, à la fin du volume, les jugements qu'Albert de Lapparent et Aug. Daubrée, à l'occasion de prix académiques, avaient formulés jadis, soit à la Société Géologique, soit à l'Institut, sur les travaux de Marcel Bertrand lui-même : le clairvoyant témoignage de ces deux maîtres, on le remarquera, n'a fait, du reste, qu'anticiper sur le verdict unanime de la postérité.

Un copieux Index alphabétique des noms propres et des matières principales, qui s'applique à l'ensemble des trois volumes et qui n'occupe pas moins de 114 pages, imprimées sur deux colonnes, complète ce dernier tome. Mme Marcel Bertrand et Mme Eug. Raguin, sa fille, ont pris une part active à la préparation de cette Table, et je tiens à leur en exprimer ici ma plus respectueuse gratitude.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le* Pirocydonia Claraci *L. D.* Note (1) de M. **Lucien Daniel.**

On connaît aujourd'hui deux types d'hybrides de greffe entre les genres *Pirus* et *Cydonia*. Ce sont le *Pirocydonia Danieli* H. Vinkl. qui présente des caractères intermédiaires entre les deux espèces dont il dérive (2), et le *Pirocydonia Winkleri* L. D., dont la plupart des caractères sont renforcés par rapport au Cognassier et dont les autres sont intermédiaires entre ceux du Poirier et du Cognassier (3).

Ces deux hybrides de greffe sont stériles et de taille plus faible que le Cognassier. Le *Pirocydonia Danieli* est né sur le bourrelet de la greffe d'un Poirier Beurré William's greffé sur Cognassier ordinaire; il ne reprend pas de bouture et présente deux catégories de feuilles, dont les unes sont plus voisines du Poirier et les autres, du Cognassier. Le *Pirocydonia Winkleri* est né à 7cm environ du bourrelet sur une racine du Cognassier hypobiote d'un Poirier Beurré royal.

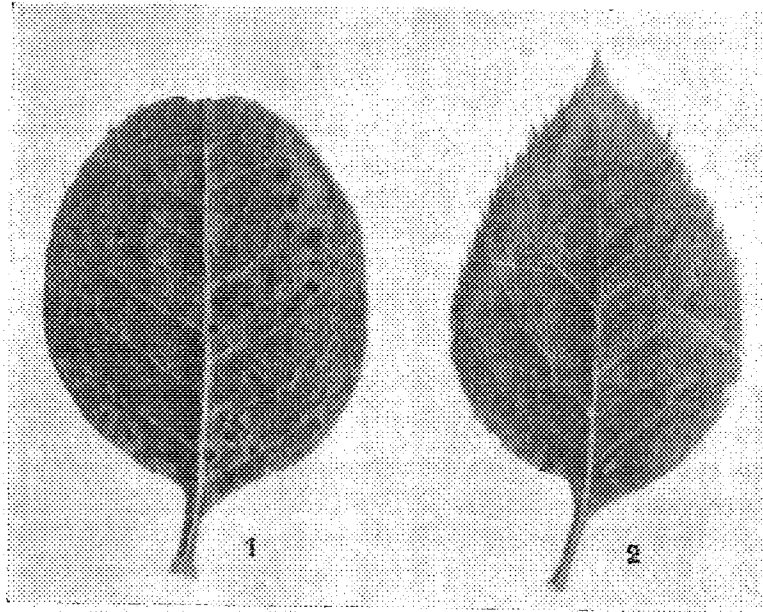
En 1929, M. Clarac a découvert, dans son jardin situé 42*bis*, rue des

(1) Séance du 28 décembre 1931.

(2) L. Daniel, *Sur un hybride de greffe entre Poirier et Cognassier* (*Revue générale de Botanique*, 16, 1904, p. 5).

(3) L. Daniel, *Un nouvel hybride de greffe* (*Comptes rendus*, 157, 1913, p. 995).

Amidonniers, un nouveau *Pirocydonia* dont il m'a envoyé deux feuilles prises à un niveau différent. Il est apparu sur le bourrelet d'une greffe, d'une vingtaine d'années, entre le Poirier Beurré William's et le Cognassier ordinaire. Le limbe de la feuille (*fig.* 1) est ovale, obtus au sommet et porte des dents à peine marquées et peu nombreuses; sa couleur rappelle celle du Cognassier. Celui de la seconde (*fig.* 2) rappelle plus la forme du Poirier; il porte, sur sa moitié supérieure, des dents très accusées, aiguës et inégales, et se termine par une pointe plus ou moins longue; sa couleur est plus voisine de celle du Poirier. Les pétioles sont courts comme chez le Cognassier; les stipules tombent plus tard chez l'hybride de greffe que chez



le Poirier, c'est-à-dire sensiblement comme chez le Cognassier; il en est de même pour la villosité de la face inférieure.

Cette nouvelle forme de *Pirocydonia* est voisine du *P. Danieli*, elle s'en distingue cependant par deux caractères importants : elle est beaucoup plus vigoureuse et il semble bien qu'elle pourra se bouturer. En effet, au mois d'août dernier M. Clarac en a fait des boutures qui, à la fin d'octobre, présentaient un bourrelet très prononcé. Si des racines apparaissent au printemps, elles constitueraient un sujet d'élite pour les variétés de Poirier qui manquent d'affinité pour le Cognassier. M. Clarac se propose de faire des recherches sur ce point.

La découverte du *Pirocydonia Claraci* confirme l'opinion que, en 1898 [1], j'exprimais en ces termes : « *Je suis persuadé que si l'on n'a pas observé plus souvent de semblables phénomènes, cela tient à ce qu'on supprime les pousses du sujet dans les greffes ordinaires.* » Combien de variétés intéressantes ont ainsi pu disparaître parce que l'attention n'avait pas été attirée sur elles !

CORRESPONDANCE.

M. **Emilio Damour** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été attribuée sur la *Fondation Loutreuil*.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à dresser une liste de candidats au poste de *Directeur des Essais de l'Administration des Monnaies et Médailles*, vacante depuis le 1er janvier 1932.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Institut international de Chimie Solvay. *Quatrième Conseil de Chimie* tenu à Bruxelles du 7 au 14 avril 1931. *Rapports et discussions relatifs à la constitution et à la configuration des molécules organiques.*

2° R. Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna. *Celebrazione di* Luigi Ferdinando Marsili *nel secondo centenario dalla morte* (29-30 *Novembre* 1930).

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Transformation d'une famille simplement infinie de géodésiques et de la famille de courbes conjuguées.* Note [2] de M. **Bertrand Gambier**.

1. La théorie des congruences de cercles et des systèmes cycliques m'a conduit, par une voie détournée, en relisant les résultats de Ribaucour et

---

[1] L. Daniel, *La variation dans la greffe et l'hérédité des caractères acquis* (*Ann. des Sciences nat., Bot.*, 8e série, 8, 1898, p. 163).

[2] Séance du 28 décembre 1931.

Darboux, à trouver quelques propriétés curieuses des lignes géodésiques.

2. x, y, z, ρ étant des fonctions d'un nombre quelconque de variables, la transformation

$$(1)\quad \begin{cases} X = \dfrac{x}{x^2+y^2+z^2-\rho^2}, & Y = \dfrac{y}{x^2+y^2+z^2-\rho^2}, \\ Z = \dfrac{z}{x^2+y^2+z^2-\rho^2}, & R = \dfrac{\rho}{x^2+y^2+z^2-\rho^2} \end{cases}$$

entraîne

$$(2)\quad dX^2+dY^2+dZ^2-dR^2 = \frac{dx^2+dy^2+dz^2-d\rho^2}{(x^2+y^2+z^2-\rho^2)^2}.$$

En remplaçant R et ρ par iR_1, $i\rho_1$ on introduirait le groupe conforme de l'espace euclidien à quatre dimensions.

Si la surface σ, lieu du point $[x(u,v), y(u,v), z(u,v)]$ admet les lignes $u =$ const. comme *géodésiques*, $\rho(u,v)$ désignant alors l'*arc de géodésique* compté à partir d'une trajectoire orthogonale commune aux géodésiques en jeu, on a

$$dx^2+dy^2+dz^2-d\rho^2 = \left[E-\left(\frac{\partial\rho}{\partial u}\right)^2\right]du^2$$

et la transformation (1) appliquée aux fonctions x, y, z, ρ du cas actuel donne une surface Σ telle que l'on ait

$$(3)\quad dX^2+dY^2+dZ^2 = dR^2 + \frac{\left[E-\left(\dfrac{\partial\rho}{\partial u}\right)^2\right]du^2}{(x^2+y^2+z^2-\rho^2)^2}.$$

Ceci prouve que sur Σ les *courbes u transformées sont encore géodésiques;* la trajectoire orthogonale *particulière* $\rho = 0$ est restée trajectoire orthogonale (mais non les autres) et R est l'arc, sur Σ, des géodésiques u. Les courbes $v =$ const., restées jusqu'ici indéterminées, peuvent être choisies *conjuguées au sens de Dupin* des géodésiques $u =$ const. de σ. On a ainsi une équation de Laplace

$$(4)\quad E(\theta) \equiv \frac{\partial^2\theta}{\partial u\,\partial v} - \alpha\frac{\partial\theta}{\partial u} - \beta\frac{\partial\theta}{\partial v} = 0,$$

admettant comme solutions particulières $1, x, y, z$ *et de plus* ρ et

$$x^2+y^2+z^2-\rho^2.$$

En effet, on a

$$(5)\quad \frac{1}{2}\frac{\partial E}{\partial v} = \alpha E + \beta F, \qquad \frac{1}{2}\frac{\partial G}{\partial u} = \alpha F + \beta G$$

et en remplaçant dans la seconde équation (5) les lettres F et G par $\frac{\partial\rho}{\partial u}\frac{\partial\rho}{\partial v}$ et $\left(\frac{\partial\rho}{\partial v}\right)^2$, on obtient $E(\rho)=0$.

L'identité

$$E(x^2+y^2+z^2-\rho^2)+2\rho E(\rho)\equiv 0$$

prouve que $x^2+y^2+z^2-\rho^2$ est encore solution. *Réciproquement*, si une équation $E(\theta)=0$ admet six solutions $1, x, y, z, \rho, x^2+y^2+z^2-\rho^2$, telles que l'on ait

$$(6)\quad \begin{cases} \left(\frac{\partial x}{\partial v}\right)^2+\left(\frac{\partial y}{\partial v}\right)^2+\left(\frac{\partial z}{\partial v}\right)^2-\left(\frac{\partial \rho}{\partial v}\right)^2=0, \\ \frac{\partial x}{\partial u}\frac{\partial x}{\partial v}+\frac{\partial y}{\partial u}\frac{\partial y}{\partial v}+\frac{\partial z}{\partial u}\frac{\partial z}{\partial u}-\frac{\partial \rho}{\partial u}\frac{\partial \rho}{\partial v}=0, \end{cases}$$

la surface (x, y, z) est rapportée à un réseau conjugué (u, v) les lignes u sont géodésiques, ρ est leur arc. Mais alors, en divisant par $x^2+y^2+z^2-\rho^2$ les six solutions connues de l'équation (4), on obtient les six fonctions, dans cet ordre,

$$X^2+Y^2+Z^2-R^2,\quad X,\quad Y,\quad Z,\quad R,\quad 1,$$

solutions d'une même équation $E_1(\theta)$, avec les relations

$$(7)\quad \begin{cases} \left(\frac{\partial X}{\partial v}\right)^2+\left(\frac{\partial Y}{\partial v}\right)^2+\left(\frac{\partial Z}{\partial v}\right)^2-\left(\frac{\partial R}{\partial v}\right)^2=0, \\ \frac{\partial X}{\partial u}\frac{\partial X}{\partial v}+\frac{\partial Y}{\partial u}\frac{\partial Y}{\partial v}+\frac{\partial Z}{\partial u}\frac{\partial Z}{\partial v}-\frac{\partial R}{\partial u}\frac{\partial R}{\partial v}=0, \end{cases}$$

de sorte que les lignes (u, v) sont encore conjuguées sur Σ.

3. Supposons maintenant que sur la surface σ les géodésiques u soient fermées : on sait qu'elles ont toutes la même longueur a. Il est facile de voir ce qui leur correspond sur Σ; pour éviter des nappes infinies sur Σ, on peut décrire de l'origine pour centre une sphère de rayon a et placer au préalable σ extérieurement à cette sphère, de sorte que $x^2+y^2+z^2-a^2$ reste positive, non nulle. Nous prendrons ensuite le cas plus particulier où σ est une surface *fermée ayant* ∞^2 *géodésiques fermées* et où la famille ∞^1 choisie comme famille u est constituée par les géodésiques issues d'un point arbitraire x_0, y_0, z_0 de σ, l'arc ρ étant compté à partir de ce point; $\rho=a$ *fournit encore ce point*, de sorte que Σ *est une surface fermée admettant* ∞^1 *géodésiques fermées, de longueur* $\frac{2a}{x_0^2+y_0^2+z_0^2-a^2}$, *joignant les points*

$$\left(\frac{x_0}{x_0^2+y_0^2+z_0^2},\quad \frac{y_0}{x_0^2+y_0^2+z_0^2},\quad \frac{z_0}{x_0^2+y_0^2+z_0^2}\right),$$
$$\left(\frac{x_0}{x_0^2+y_0^2+z_0^2-a^2},\quad \frac{y_0}{x_0^2+y_0^2+z_0^2-a^2},\quad \frac{z_0}{x_0^2+y_0^2+z_0^2-a^2}\right).$$

Même en partant d'une surface simple comme la sphère, les surfaces Σ ainsi obtenues ne sont plus de révolution, n'ont pas leur ds^2 de la forme de Liouville, comme dans la plupart des exemples déjà connus.

4. Je n'insisterai pas sur d'autres interprétations, en géométrie non euclidienne, de ce qui précède.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Variétés à connexion affine. Généralisation de l'équation de Riccati.* Note de M. **Paul Delens**, présentée par M. Élie Cartan.

1. La théorie des connexions des variétés géométriques a déjà permis l'étude et la généralisation de certains systèmes différentiels. Nous voulons signaler l'intérêt que présentent, à ce point de vue, quelques recherches récentes (¹); l'exposé qui suit nous semble offrir, par ailleurs, d'autres avantages.

Soit une variété à n dimensions, douée d'une connexion affine quelconque dont les composantes, avec un repère affin général $\mathbf{m}$, $\mathbf{a}_i$, sont les formes de Pfaff ω^i, ω_i^k (pour un repère *naturel*, $\omega^i = du^i$). D'après

$$\mathrm{D}\mathbf{m} = d\mathbf{m} = \Sigma\omega^i\mathbf{a}_i, \qquad \mathrm{D}\mathbf{a}_i = \Sigma\omega_i^k\mathbf{a}_k, \qquad \omega_i^k = \Sigma\Gamma_i^k{}_j\omega_j$$

ou

$$\mathrm{D}\mathbf{a}_i = \mathcal{H}\mathbf{a}_i, \qquad \mathcal{H} = \mathrm{D}\mathbf{m}.\Gamma, \qquad \Gamma = \Sigma\Gamma_i^k{}_j\mathbf{a}^j\mathbf{a}_k\mathbf{a}^i$$

(Γ tenseur comitant *du repère* (²); D, . symboles de différentiation absolue et de multiplication scalaire entre vecteurs de variances contraires), on a aussi

$$\mathbf{v} = \Sigma v^k\mathbf{a}_k, \qquad \mathrm{D}\mathbf{v} = \Sigma(dv^k + \Sigma v^i\omega_i^k)\mathbf{a}_k.$$

Le transport *par équipollence* de $\mathbf{v}$ est défini par

$$\text{(I)} \qquad \mathrm{D}\mathbf{v} = 0 \qquad \text{ou} \qquad dv^k + \Sigma v^i\omega_i^k = 0;$$

(¹) Parmi les nombreux travaux relatifs à l'introduction et la discussion des notions en question, cf. E. Cartan, *Sur les variétés à connexion affine...* (*Ann. Éc. Norm.*, 3ᵉ série, 40, 1923, p. 325-412; 41, 1924, p. 1-25; 42, 1925, p. 17-88); *Sur les variétés à connexion projective* (*Bullh. Soc. mat.*, 48, 1924, p. 205-241); J. A. Schouten, *Ueber die verschiedenen Arten der Uebertragung...* (*Math. Zeitsch.*, 13, 1922, p. 56-81) (avec une réserve sur le changement de mesure covariante); E. Bortolotti, *Sulla geometria della varietà...* (*Annali di Matem.*, 4ᵉ série, 8, 1930-1931, p. 53-101) (exposé et bibliographie très complets).

(²) Le mot tenseur est pris ici dans un sens large (algébrique); nous ne nous limitons pas aux tenseurs comitants de la variété.

mais pour le transport *parallèle* de la direction de $\mathbf{v}$, il suffit de

$$\text{(II)} \qquad [\mathbf{v}.\mathbf{Dv}]=0 \qquad \text{ou} \qquad \frac{dv^k+\Sigma v^i\omega_i^k}{v^k}=\frac{dv^l+\Sigma v^j\omega_j^l}{v^l}=\ldots$$

(I) est un système de n équations différentielles à n inconnues v^i (différentielles totales à n variables sur la variété, ..., différentielles ordinaires sur une ligne L); (II) ne comprend que $n-1$ équations. Introduisons les n^2 inconnues $t_i^k=v^k/v^i$ liées par les relations

$$(\alpha) \qquad t_i^i=1,$$
$$(\beta) \qquad t_i^k t_j^l - t_i^l t_j^k = 0.$$

[n conditions (α), $(n-1)^2$ conditions (β) indépendantes, soit $n-1$ quantités t_i^k indépendantes]. Les t_i^k sont (dans l'espace projectif des vecteurs issus de $\mathbf{m}$) des variables projectives (birapports) dépendant du repère (les n vecteurs-bases $\mathbf{a}_i$ définissant un vecteur-unité $\Sigma\mathbf{a}_i$) et composantes d'un tenseur *normé projectivement*, de rang un, attaché à la direction de $\mathbf{v}$ [et la $(n-1)$-direction $(n-1)$-polaire par rapport au repère]. Avec ces variables, (II) s'écrit

$$\text{(III)} \qquad dt_i^k = t_i^k \Sigma t_i^j \omega_j^i - \Sigma t_i^j \omega_j^k,$$

ou

$$\text{(III')} \qquad dt_i^k = (t_i^k)^2\omega_k^i + t_i^k \Sigma'' t_i^j \omega_j^i + t_i^k(\omega_i^i-\omega_k^k) - \Sigma'' t_i^j \omega_j^k - \omega_i^k$$

(où $\Sigma=\sum_j$, $\Sigma''=\sum_j$ pour $j\neq i, k$; $n-1$ équations indépendantes).

(III), ou (III'), *est la généralisation complète d'une équation de Riccati* (aux différentielles totales..., ou ordinaire) à laquelle il se réduit pour $n=2$ (une variable essentielle t_1^2); on y retrouve la correspondance avec (I), système de n équations linéaires homogènes, l'intégration ramenée à une quadrature par la connaissance de n solutions, le *système projectif constant de* $n+2$ *solutions*, etc. (¹).

2. (II) et (III) ne contiennent que les ω_i^k $(i\neq k)$ et les différences $\omega_i^i-\omega_k^k$, non les ω_i^i eux-mêmes; le système total des ω_i^j est complété par $\Sigma\omega_i^i=\eta=\mathbf{Dm}.\mathbf{h}^*$. La décomposition ainsi faite de l'homographie infinitésimale $\mathcal{H}$ en ses deux parties irréductibles se retrouve dans le ten-

(¹) Le principe de cette généralisation est d'ailleurs connu (cf. *Encyclopédie des Sciences mathématiques*, II, 16; article de E. Vessiot, p. 132).

seur de courbure (et non dans celui de torsion) d'après

$$\left\{\begin{array}{l}\Omega_i^k = (\omega_i^k)' - [\omega_i^k(\omega_k^k - \omega_i^i)] - \Sigma''[\omega_i^j\omega_j^k], \\ \Omega_i^i - \Omega_k^k = (\omega_i^i - \omega_k^k)' - \Sigma[\omega_i^j\omega_j^i - \omega_k^j\omega_j^k],\end{array}\right.$$

$$\Sigma\Omega_i^i = \Sigma(\omega_i^i)' = \eta'.$$

Le tenseur de courbure définit ainsi une courbure *de déviation* (transport parallèle non intégrable) et une courbure d'*ampliation* (pas d'unité absolue de volume), d'après

$$\text{(IV)} \qquad \mathrm{DA}^* = \eta\mathrm{A}^* \qquad (\text{pour } \mathrm{A}^* = [\mathbf{a}_1\mathbf{a}_2\ldots\mathbf{a}_n]).$$

Un changement de connexion sans modification des directions du repère, conservant le transport parallèle, conserve les $\omega_i^k (i \neq k)$, $\omega_i^i - \omega_k^k$ (donc, la courbure de déviation), et seul η peut changer; en particulier, on peut l'annuler dans toute la variété (solution de M. J. M. Thomas). Si η est différentielle exacte, un changement de repère (homothétie vectorielle) suffit à l'annuler. La courbure d'ampliation étant annulée (ou nulle), le transport parallèle est réduit à un transport par équipollence [intégrable ou non; d'autres réductions intrinsèques sont possibles ([1]); sur une ligne L, la condition d'intégrabilité n'intervient plus].

3. Les systèmes (III) et (IV) peuvent être, indépendamment l'un de l'autre, partiellement ou complètement intégrables. L'intégrabilité complète de (III) (annulation de la courbure de déviation) traduit aussi l'intégrabilité complète du système de Pfaff

$$\text{(V)} \qquad \omega_i^k = 0, \qquad \omega_i^i - \omega_k^k = 0 \qquad (i \neq k)$$

pour le repère affin le plus général. Nous ne pouvons ici étudier la liaison entre (III) et (V), déjà considérée pour $n = 2$ [équation de Riccati complètement intégrable ([2])].

En outre, *si la variété est à connexion métrique*, on établit facilement la conservation des angles dans le transport parallèle; pour $n = 2$, cela résulte aussi des deux solutions de l'équation de Riccati fournies par les directions isotropes.

([1]) M. E. Bortolotti (*loc. cit.*) indique un changement de connexion annulant, non $\mathbf{h}^*$, mais le vecteur covariant d'Einstein (deuxième tenseur irréductible de torsion de M. Cartan).

([2]) Cf. E. Cartan, *Leçons sur les invariants intégraux* (Paris, 1922), p. 160.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une décomposition des aires multiplement connexes*. Note de M. **Gaston Julia.**

1. Soit $\mathfrak{A}$ une aire du plan z limitée par un contour extérieur C_0 et p contours intérieurs $C_1, C_2, \ldots C_p$, tous analytiques et orientés dans le *sens positif par rapport à* $\mathfrak{A}$. $F(z) = e^{U+iV}$ est la fonction de M. de la Vallée Poussin, signalée dans ma précédente Note (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1518); U prend sur C_k la valeur constante $\lambda_k (\lambda_0 = 0 > \lambda_1 \geqq \lambda_2 \geqq \ldots \geqq \lambda_p)$. Lorsque z décrit $\mathfrak{A}$, $\zeta = F(z)$ décrit une surface de Riemann σ dont j'ai donné des propriétés caractéristiques. Sa structure dépend de ses points de ramification et par suite des zéros de $F'(z)$. J'ai étudié antérieurement le cas où ils sont tous intérieurs à $\mathfrak{A}$ (cas de M. de la Vallée Poussin).

Pour étudier le cas général et pour en déduire un prolongement de σ conduisant à la représentation conforme de $\mathfrak{A}$ sur une aire limitée par des cassiniennes d'ordre *p dont certaines sont alors tronquées*, j'ai été naturellement conduit à étudier la décomposition de $\mathfrak{A}$ (et de σ) par les courbes $U = \lambda_k [k = 1, 2, \ldots, p-1]$, la configuration des régions

$$\lambda_{k+1} < U < \lambda_k (K = 0, 1, \ldots, p-1),$$

d'où j'ai déduit la configuration des régions $U < \lambda_k (k = 0, 1, \ldots, p-1)$ et celle de la région $U > \lambda_k (k = 1, 2, \ldots, p)$. On peut alors, par un procédé régulier, reconstruire $\mathfrak{A}$ à partir d'aires plus simples, de connexion moins élevée, obtenir des renseignements précis sur la structure de σ, et déduire un prolongement de σ convenable.

La présente Note donne les principes de la méthode suivie dans la première partie de l'étude précédente. A cause de la grande diversité des circonstances possibles et pour simplifier l'exposition nous supposerons *les* λ *distincts* et les *zéros de* $F'(z)$ *tous simples* (les autres cas se traitent suivant des principes analogues). Il y aura a zéros intérieurs à $\mathfrak{A}$ et $2b$ zéros sur la frontière de $\mathfrak{A}$, avec $a + b = p - 1$. Lorsque, sur C_k, il y a des zéros de F', ils sont en nombre pair et séparent les arcs où $\frac{dU}{dn} > 0$ de ceux où $\frac{dU}{dn} < 0$ (normale intérieure à $\mathfrak{A}$). Nous appelons *zéros conjugués* (de F') les deux extrémités d'un arc de C_k où $\frac{dU}{dn} < 0$.

Pour simplifier encore, nous supposons d'abord qu'aux a zéros de F'

intérieurs à $\mathcal{A}$, $e^{U} = |F(z)|$ ne prend aucune des valeurs $e^{\lambda_1}, e^{\lambda_2}, \ldots, e^{\lambda_{p-1}}$, et indiquons rapidement ce qui arriverait dans le cas contraire.

2. La configuration des régions $\lambda_{k+1} < U < \lambda_k (k = 0, 1, \ldots, p-1)$ s'étudie en même temps que celle des anneaux $e^{\lambda_{k+1}} < |\zeta| < e^{\lambda_k}$ découpés dans σ par les cylindres $|\zeta| = e^{\lambda_k}$ projetant les courbes frontières $\gamma_0, \gamma_1, \ldots, \gamma_p$ de σ, conformément aux idées rappelées dans le paragraphe 1 de ma précédente Note.

On établit les propriétés suivantes, dont la première est fondamentale pour l'étude des régions considérées.

Tout point de σ peut être uni à γ_0 par une ligne intérieure à σ, formée alternativement de portions de lignes $V = \text{const.}$ et $U = \text{const.}$ en nombre fini, sur laquelle U ne décroît jamais (une ligne $V = \text{const.}$ peut quelquefois suffire). Tout point de $\mathcal{A}$ peut de même être joint à C_0 par une ligne correspondante, intérieure à $\mathcal{A}$, sur laquelle U ne décroît jamais (les arcs de cette ligne sont analytiques).

L'ensemble $\lambda_{k+1} < U < \lambda_k$ se compose d'un ou plusieurs domaines connexes ouverts, extérieurs deux à deux. Chacun de ces domaines est limité extérieurement par une courbe fermée $U = \lambda_k$ analytique et intérieurement par une ou plusieurs [1] courbes fermées $U = \lambda_{k+1}$ analytiques. (Ces courbes n'acquièrent de point anguleux ou de point double que s'il existe des zéros de F′ donnant à U la valeur λ_k ou la valeur λ_{k+1}.) Sur la frontière extérieure d'un tel domaine $\frac{dU}{dn_i}$ est < 0 et sur la frontière intérieure $\frac{dU}{dn_i} > 0$ (n_i normale intérieure au domaine). z décrivant ces courbes dans le sens positif par rapport au domaine considéré, V croît toujours sur la frontière extérieure et décroît toujours sur la frontière intérieure. Ce qui précède est vrai aussi des domaines $\lambda < U < \mu$ où $\lambda_{k+1} \leq \lambda < \mu \leq \lambda_k$. Dans la partie de $\mathcal{A}$ intérieure à la courbe fermée $U = \lambda_k$ qui limite extérieurement le domaine $\lambda_{k+1} < U < \lambda_k$ précédent, on a $U < \lambda_k$, et cette partie est un domaine borné intérieurement par une au moins des C_ν d'indice $\nu > k$.

Les courbes fermées précédentes, *frontières extérieures de domaines où* $U < \lambda_k (k = 0, 1, \ldots, p-1)$ et que, pour cette raison, nous appelons *courbes* $U = \lambda_k - 0$, peuvent se ranger en deux classes douées de propriétés intéressantes. Elles se distinguent, comme nous le verrons, des courbes $U = \lambda_k$ *frontières intérieures du domaine* $U > \lambda_k$ et que nous appellerons *courbes* $U = \lambda_k + 0$. Leur étude simultanée fournit la décomposition de $\mathcal{A}$ qui est à la base de notre recherche.

---

[1] Cela dépend des zéros de F′ intérieurs au domaine $\lambda_{k+1} < U < \lambda_k$ considéré.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions harmoniques qui admettent des valeurs exceptionnelles.* Note de M. **Paul Montel**.

1. Considérons les fonctions $U(x, y, z)$ ou $U(P)$, harmoniques dans un domaine (D). Nous raisonnerons dans le cas de trois variables mais les résultats sont aussitôt applicables dans le cas d'un nombre quelconque de variables avec des modifications qu'on aperçoit immédiatement. Si les fonctions U ne prennent pas une valeur α, on établit que :

Les fonctions harmoniques dans un domaine où elles ne prennent pas une valeur fixe forment une famille normale.

Voici deux applications de ce théorème :

Une fonction harmonique autour d'un point singulier isolé O *prend une infinité de fois toute valeur dans le voisinage de ce point à moins qu'elle ne soit de la forme* $\frac{C}{r} + V$, *r désignant la distance au point* O, V *une fonction harmonique régulière en* O *et* C *une constante.*

Cette proposition se déduit aussi aisément de théorèmes dus à Bôcher et à M. Kellogg [1].

Soit U *une fonction harmonique autour de l'origine* O, *prenant en* O *la valeur* a_0 *et dont le gradient en* O *a une grandeur positive* a_1 ; *il existe un nombre* R *ne dépendant que de* a_0 *et de* a_1, *tel que toute fonction* U, *harmonique dans une sphère de centre* O *et de rayon supérieur à* R, *s'annule dans cette sphère.*

On peut remplacer la condition $a_1 > 0$ par la condition que l'une des dérivées partielles de U ait à l'origine une valeur non nulle. On peut aussi fixer les valeurs a_0 et b_0 de U, à l'origine et en un autre point P, pourvu que ces valeurs soient différentes. On peut aussi remplacer la conclusion que U prend la valeur zéro, par celle que U prend une valeur arbitrairement fixée ou devient égale à une fonction harmonique V dont le gradient à l'origine est distinct de celui de U.

2. Supposons maintenant que la fonction U ne prenne pas une valeur α de l'intervalle (0, 1), cette valeur pouvant varier avec la fonction :

---

[1] Bôcher, *Singular points of functions which satisfy partial differential equations of the elliptic type* (*Bulletin of the American Mathematical Society*, 9, 1903, p. 455-465). — O. D. Kellogg, *On some theorems of Bôcher concerning isolated singular points of harmonic functions* (*Bulletin of the American Mathematical Society*, 32, 1926, p. 664-668).

Les fonctions harmoniques dans un domaine où elles ne prennent pas toutes les valeurs de l'intervalle (o, 1) *forment une famille normale.*

On peut, dans cet énoncé, remplacer les constantes de l'intervalle (o, 1) par des fonctions harmoniques appartenant à une famille bornée dans son ensemble.

On déduit de la proposition précédente le théorème :

Soit U *une fonction harmonique autour de l'origine* O, *prenant en* O *la valeur* a_0 *et dont le gradient en* O *a une grandeur positive* a_1 ; *il existe un nombre* $\mathcal{R}$ *ne dépendant que de* a_0 *et de* a_1, *tel que toute fonction* U, *harmonique dans une sphère de centre* O *et de rayon supérieur à* $\mathcal{R}$, *prenne dans cette sphère toutes les valeurs de l'intervalle* (o, 1).

On peut remplacer la condition $a_1 > 0$ par la condition que l'une des dérivées partielles de U ait à l'origine une valeur non nulle. On peut aussi fixer les valeurs a_0 et b_0 de U, à l'origine et en un autre point P, pourvu que ces valeurs soient différentes. On peut aussi remplacer la conclusion que U prend toutes les valeurs de l'intervalle (o, 1) par la conclusion que U devient égale à chacune des fonctions harmoniques d'un ensemble borné et fixe de telles fonctions dont les gradients à l'origine sont distincts de celui de U.

3. Considérons maintenant des fonctions harmoniques dans tout l'espace, c'est-à-dire des fonctions harmoniques entières. On démontre la proposition suivante :

Soit U *une fonction harmonique entière. Il existe au moins une demi-droite issue d'un point arbitraire de l'espace telle que, à l'intérieur d'un cône de révolution ayant cette demi-droite comme axe et dont l'ouverture est arbitrairement petite, la fonction* U *prenne une infinité de fois toute valeur et devienne une infinité de fois égale à toute fonction harmonique.*

Cette droite peut être remplacée par une courbe semblable à une courbe donnée qui s'éloigne indéfiniment.

Le même théorème est applicable à une fonction harmonique autour d'un point singulier isolé O qui n'est pas pour cette fonction un pôle d'ordre un. La droite ou la courbe vont alors passer par ce point O.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques problèmes de représentation conforme.* Note [1] de M. **René de Possel**, présentée par M. Hadamard.

Cette Note contient une partie des résultats qui seront exposés dans ma Thèse.

1. Considérons le problème P suivant. *Soit* D *un domaine du plan* z, *de connexion finie ou non, contenant l'origine et le point à l'infini. On demande de représenter conformément* D *sur un domaine* D^* *du plan* w, *de sorte que les origines et les points à l'infini se correspondent, que la dérivée à l'origine soit égale à un, et que tous les éléments de frontière* [2] *de* D^* *soient ou des points, ou des segments portés par des droites issues de l'origine* [3].

Désignons par Φ la famille des fonctions $w = f(z)$ méromorphes et univalentes dans D avec les trois conditions $f(0) = 0$, $f(\infty) = \infty$, $f'(0) = 1$. Soit V le problème qui consiste à trouver une fonction de la famille Φ pour laquelle le module de la dérivée à l'infini soit maximum. Je démontre au moyen des familles normales les théorèmes suivants :

Théorème I. — *Le problème* V *a au moins une solution, et toute solution de* V *est solution de* P [4], [5], [6].

Si D est à connexion finie, on voit aisément que P n'a qu'une solution. Si D est à connexion infinie, on connaît des cas où P a plusieurs solutions. Mais V n'a jamais qu'une solution, comme il résulte du théorème suivant :

Théorème II. — *Soit* D *un domaine à connexion infinie du plan* z, *contenant l'origine et le point à l'infini. Considérons une suite de domaines à connexion finie* D_n. *contenus dans* D, *et tels que* : 1° D_n *est contenu dans* D_{n+1};

---

[1] Séance du 28 décembre 1931.

[2] Un *élément de frontière* est un continu de points frontières (pouvant se réduire à un point) qui n'est pas portion d'un autre continu de points frontières.

[3] Ce problème a été résolu par P. Koebe, *Göttinger Nachrichten*, 1909, p. 324 à 361.

[4] H. Grötzsch a indiqué ce théorème pour un domaine à connexion finie (*Leipsiger Berichte*, 83, 1931, p. 72).

[5] On peut chercher dans la famille Φ une fonction pour laquelle le module de la dérivée à l'infini soit manimum. La solution de ce problème conduit à un domaine dont chaque élément de frontière est un arc de cercle de centre origine.

[6] J'ai indiqué une méthode analogue pour la représentation conforme d'un domaine à connexion infinie sur un domaine dont chaque élément de frontière est un segment parallèle à l'axe réel. Voir *Gött. Nach.*, 1931, séance du 4 décembre.

2° *tout point de* D *appartient aux* D_n *pour n assez grand. Désignons par* $w=f(z)$ *une solution du problème* V *pour le domaine* D, *et par* $w_n=f_n(z)$ *une solution du problème* V *pour le domaine* D_n. *Dans ces conditions, la suite* $w_n(z)$ *converge vers* $w(z)$ *en tout point de* D. *Par conséquent* V *n'a qu'une solution.*

Nous dirons qu'un domaine qui contient l'origine et le point à l'infini est *extrémal* si, pour toute fonction $w=f(z)$ de la famille φ correspondante, on a $|f'(\infty)|\leqq 1$. On voit immédiatement que :

1° Pour un domaine extrémal, le problème V a pour solution $w=z$.

2° La solution du problème V pour un domaine D quelconque représente D sur un domaine extrémal.

2. Soit Δ un ensemble d'intervalles ouverts δ_i situés sur la circonférence unité C définie par $|z|=1$. Les δ_i sont supposés sans point commun deux à deux. Supposons qu'une fonction analytique $w=f(z)$ satisfasse aux conditions suivantes :

1° f est régulière pour $|z|<1$ avec $f(0)=0$, $f'(0)=1$.

2° f représente conformément l'intérieur de C sur un domaine D′ intérieur à un cercle C′ dont le centre est à l'origine du plan w, et l'on suppose qu'à chaque intervalle δ_i correspond un intervalle δ'_i situé sur C′.

Désignons par Φ_Δ *la famille formée par ces fonctions; si elle ne comprend que* $w=z$, *nous dirons que* Δ *est du type maximum.* (Dire que $f(z)$ est différente de z revient à dire que D′ a des points frontières intérieurs à C′.)

Considérons le domaine D formé de l'intérieur et de l'extérieur de C réunis par l'ensemble Δ. On voit que la famille Φ_Δ est contenue dans la famille Φ définie plus haut qui correspond au domaine D. On obtient aisément les théorèmes suivants :

Théorème III. — *Pour qu'un ensemble* Δ *soit du type maximum, il faut et il suffit que le domaine* D *correspondant soit un domaine extrémal.*

Théorème IV. — *La solution du problème* V *pour le domaine* D *appartient à la famille* Φ_Δ. *Nous la nommerons l'*EXTRÉMALE — Δ. *C'est l'unique fonction de cette famille pour laquelle le rayon du cercle* C′ *atteint son maximum que nous désignerons par* R_Δ. *Cette fonction représente l'intérieur du cercle unité sur un domaine étoilé du plan* w. Il y a, d'ailleurs, des fonctions étoilées appartenant à Φ_Δ pour lesquelles le rayon de C′ prend toutes les valeurs comprises entre 1 et R_Δ. Il suffit de considérer les fonctions $z^\alpha[f(z)]^{1-\alpha}$, où $f(z)$ désigne l'extrémale — Δ.

Théorème V. — *Soit* Δ' *l'ensemble des intervalles* δ'_i *correspondant à l'extré-*

male — Δ. *Posons* $w_1 = \frac{w}{R_\Delta}$. *A* Δ′ *correspond un ensemble semblable* Δ_1 *sur le cercle unité du plan* w_1. Δ_1 *est du type maximum.*

Pour qu'un ensemble d'intervalles Δ soit du type maximum, il faut évidemment que C — Δ ne contienne aucun intervalle. La condition n'est pas suffisante, comme on peut le voir au moyen d'exemples simples. Par contre, si C — Δ est de mesure nulle, on montre aisément que Δ est du type maximum. *Contrairement à ce qu'on pourrait croire, il existe des ensembles d'intervalles* Δ *qui sont du type maximum, et dont le complémentaire n'est pas de mesure nulle* (1).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques points de la théorie des fonctions.* Note de M. **Arnaud Denjoy.**

I. Il est bien connu que certaines fonctions croissantes $x(\xi)$ transformant en lui-même le segment (0, 1) changent un certain ensemble de mesure nulle en une pleine épaisseur (ensemble dont le complémentaire est de mesure nulle) et réciproquement. La fonction $x(\xi)$ prend toutes les valeurs entre 0 et 1 (sauf certaines formant un ensemble de mesure nulle) sur un ensemble ξ de mesure nulle. En voici un exemple fourni par une fonction classique.

Pour $x = \frac{0}{1}$, $x = \frac{1}{1}$, soient respectivement $\xi = 0$ et $\xi = 1$. Cela posé, si les homologues d'un certain nombre de fractions irréductibles sont déjà définies et si, ces fractions étant rangées par grandeurs croissantes, $\frac{P}{Q}$ et $\frac{P'}{Q'}$ sont consécutives et ont pour homologues ξ et ξ′, l'homologue de $\frac{P+P'}{Q+Q'}$ sera conventionnellement $\frac{\xi+\xi'}{2}$. Complétant par continuité quand x est irrationnel, on en conclut que, si

$$x = (0, a_1, a_2, \ldots, a_n, \ldots) = \cfrac{1}{a_1 + \cfrac{1}{a_2 + \ldots}} \qquad (a_n \text{ entier positif})$$

(1) Il en résulte une hypothèse faite par P. Koebe (*Gött. Nachr.*, 1918, p. 60-71) sur les domaines dont la frontière est formée de segments parallèles est fausse. L'inexactitude de cette hypothèse a été aussi démontrée récemment par H. Grötzsch (*Leipz. Berichte*, 83, 1936, p. 185 à 200).

on a

$$\xi = \frac{1}{2^{a_1-1}} - \frac{1}{2^{a_1+a_2-1}} + \ldots + \frac{(-1)^{n-1}}{2^{a_1+a_2+\ldots+a_n-1}} + \ldots,$$

les deux développements étant simultanément limités ou non. Il est remarquable que si x est rationnel, les deux développements possibles de x en fraction continue donnent le même nombre ξ.

$x(\xi)$ étant une fonction croissante possède une dérivée finie sur une pleine épaisseur de $(0, 1)$. Appelons point régulier de la transformation (x, ξ) un point ξ où $\frac{dx}{d\xi}$ existe sans être ni nul ni infini. Il est aisé de voir qu'il n'y a pas ici de point régulier.

Soient en effet

$$r_n = (0, a_1, a_2, \ldots, a_n) = \frac{p_n}{q_n}, \qquad x_{n+1} = (a_{n+1}, a_{n+2}, \ldots), \qquad x = \frac{p_n x_{n+1} + p_{n-1}}{q_n x_{n+1} + q_{n-1}},$$

$$\rho_n = \xi(r_n) = \frac{1}{2^{a_1-1}} - \ldots + \frac{(-1)^{n-1}}{2^{a_1+a_2+\ldots+a_n-1}}, \qquad \delta_n = \frac{x - r_n}{\xi - \rho_n}.$$

On a

$$u_n = \frac{\delta_n}{\delta_{n-1}} = \frac{2^{a_{n+1}}\left(1 - \frac{1}{2^{a_{n+2}}} + \ldots\right)^{-1} - 1}{(a_n, a_{n-1}, \ldots, a_1)(a_{n+1}, a_{n+2}, \ldots)}.$$

Observons que si $x' = \frac{px + p'}{qx + q'}$ avec $pq' - qp' = \pm 1$, et si $\xi(x') = \xi'$, $\xi \pm 2^{\mu}\xi' = \nu$, l'entier μ et la fraction binaire ν étant indépendants de x. Un dérivé nul ou infini de x au point ξ reste inchangé au point ξ' (au côté près). Le rapport de deux dérivés finis reste le même.

Si ξ était un point régulier, u_n tendrait vers 1. Or, ceci est impossible.

Si a_n est non borné on en conclut $\overline{\lim}\, u_n = \infty$. Alors il est impossible que les nombres dérivés extrêmes de x soient tous les quatre positifs finis au point ξ. Donc l'ensemble η des points ξ où cette dernière propriété est vérifiée est de mesure nulle comme son transformé e. Ceci suffit à montrer que $\frac{dx}{d\xi} = 0$ sur une pleine épaisseur du segment $0, 1$.

Si, pour $n > n_0$, $a_n \leqq 4$, $\frac{dx}{d\xi} = 0$; si $a_n \geqq 5$, $\frac{dx}{d\xi} = \infty$. On peut toujours définir de proche en proche les a_n de façon que les quatre dérivés extrêmes de $x(\xi)$ soient positifs finis. Mais en ce cas le rapport du dérivé supérieur au dérivé inférieur pour un même côté est supérieur à $1 + \beta$, β étant une certaine constante absolue.

Aux ξ rationnels correspondent les x algébriques du second degré. En un tel point, il y a toujours une dérivée nulle ou infinie.

Soit $(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n)$ la période de x, $\frac{P_i}{Q_i} = (\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_i)$, $\sigma = \alpha_1 + \ldots + \alpha_m$, $\omega = P_m + Q_{m-1}$. Posons $n = mp + h (h = 0, 1, \ldots, p-1)$. Si $a_{n+m} = a_m$, pour $p > p_0$, on trouve $q_n = C_h k^p + C'_h k'^p (p < p_0)$, C_h et C'_h étant indépendants de p, k et k' $(k > 1 > |k'|)$ étant les racines de l'équation $k^2 - \omega k + (-1)^n = 0$. On a $\frac{dx}{d\xi} = 0$ si $2^\sigma + 2(-1)^n < \omega^2$ et $\frac{dx}{d\xi} = \infty$ dans le cas contraire.

On sait que ω ne change pas quand on permute circulairement les α_i. Ceci est évident d'après les expressions de P_m et de Q_{m-1} telles que $P_m = \Sigma \alpha_p \alpha_q \ldots \alpha_s (1 \leq p < q < \ldots < s \leq m)$, le nombre μ des indices $p, \ldots, s$ ayant la parité de m (si $\mu = 0$, le terme correspondant est 1; m est pair) et les indices $p, \ldots, s$ étant alternativement pairs et impairs, le premier étant *impair*.

On peut aussi utiliser des développements tels que

$$P_m = (\alpha_1, \ldots, \alpha_m) \ldots (\alpha_{m_1+1}, \ldots, \alpha_m)(\alpha_m, \ldots, \alpha_{m_1}) \ldots (\alpha_{m_2+1}, \ldots, \alpha_{m_1})(\alpha_{m_1}, \ldots, \alpha_{m_2})$$

avec inversion possible de la suite entière des indices.

II. Dans ma Note du 9 novembre 1931 (*Comptes rendus*, p. 829), j'établis l'inégalité

$$(1) \qquad r^\alpha \int_r^{+\infty} [\log G(u) - \cos \pi\alpha \log H(u)] \frac{du}{u^{1+\alpha}} = h(\alpha) \log H(r),$$

où

$$G(r) = \prod_1^\infty \left| 1 - \frac{r}{r_n} \right|, \qquad H(r) = \prod_1^\infty \left(1 + \frac{r}{r_n} \right) \qquad \left(\sum \frac{1}{r_n^\alpha} \text{ fini} \right).$$

M. Landau m'a signalé l'insuffisance des indications que je donne pour tirer de (1) un énoncé étendant le théorème de Wiman. J'ajouterai ceci :

1° $\alpha > \frac{1}{2}$. — Si $\lambda(r) > \log H(r)$ quel que soit r, on en conclut l'existence d'une suite indéfiniment croissante de valeurs de u telles que

$$\log G(u) > \cos \pi\alpha \, \lambda(u).$$

On peut prendre $\lambda(u) = \varepsilon u^\alpha$, si petit que soit ε positif. L'ensemble E des u pour lesquels $\log G(u) < \cos \pi\alpha \, u^\alpha$ est tel que $\int_E \frac{du}{u}$ soit fini.

2° $\alpha \leq \frac{1}{2}$. — Si $\log G(r) < A r^\beta$ à partir de r suffisamment grand $(\beta < \alpha)$, on en conclut $\log H(r) < B r^\beta$ (A et B indépendants de r). D'où

$$\overline{\lim_{r\infty}} \frac{\log_2 G(r)}{\log r} = \overline{\lim} \frac{\log_2 H(r)}{\log r}.$$

MÉCANIQUE. — *Sur la possibilité de réaliser un dispositif pour la mesure du temps, insensible aux accélérations de son support.* Note de M. **Paul Le Rolland**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Le mouvement d'un organe oscillant ordinaire est évidemment perturbé par toute accélération de son support, et la mesure correcte du temps, suppose implicitement réalisée la condition essentielle de l'immobilité de ce support.

Une remarque très simple permet d'envisager la possibilité d'obtenir un système oscillant double, soustrait à l'influence des mouvements perturbateurs qui ont lieu dans la direction de l'oscillation.

Considérons deux organes oscillants, de même durée d'oscillation T, suspendus au même support. Soient x et y les variables (angles ou déplacements) qui déterminent à l'instant t les positions respectives de ces deux organes par rapport à des axes liés au support, et a la variable, de même nature que x et y et de même direction, qui définit le déplacement du point de contact de chaque pendule avec le support, par rapport à des axes fixes. Nous supposons essentiellement les pendules disposés de façon que a ait la même valeur pour chacun d'eux.

Nous avons alors pour les oscillations très petites, sans frottement :

$$\frac{d^2x}{dt^2}+\frac{4\pi^2}{T^2}x+A\frac{d^2a}{dt^2}=0,$$
$$\frac{d^2y}{dt^2}+\frac{4\pi^2}{T^2}y+A\frac{d^2a}{dt^2}=0.$$

A est une constante qui dépend de la nature des systèmes oscillants. Retranchons les équations précédentes et posons $x-y=u$; il vient :

$$\frac{d^2u}{dt^2}+\frac{4\pi^2}{T^2}u=0.$$

Ainsi la différence des élongations des deux pendules est indépendante du mouvement du support et possède une variation harmonique.

Pour utiliser cette propriété remarquable, il n'est pas nécessaire de réaliser physiquement la variable u; il suffit d'observer que les organes oscillants qui servent à la mesure du temps nous intéressent non pour la forme harmonique de leur mouvement, mais pour le caractère périodique de ce dernier.

Nous pouvons donc nous borner à fixer les instants successifs pour lesquels la variable u prend une valeur donnée. Nous savons qu'ils doivent découper le temps en intervalles absolument réguliers, quelles que soient les accélérations d'ensemble du système, dans la direction des oscillations. Il nous suffira donc de munir chaque pendule d'un repère et d'imaginer un dispositif simple, électrique ou optique, permettant d'observer ou d'enregistrer les passages des repères en face l'un de l'autre.

Nous avons vérifié expérimentalement le principe précédent, avec des pendules de gravité de 3^{kg} réglés sensiblement à la même période ($T = 2$ secondes). Ce réglage était réalisé à 10^{-5} sec. près environ. Les pendules reposaient par leur couteau, sur une même plate-forme adaptée à l'extrémité supérieure d'une tige d'acier de $1^m,50$ de hauteur, 4^{cm} de largeur, 4^{mm} d'épaisseur, et solidement encastrée à sa partie inférieure. Au repos, les axes des pendules et celui de la tige étaient dans un même plan, perpendiculaires aux deux plans parallèles d'oscillation.

La périodicité de la variable u s'observait de la façon suivante : Chaque pendule portait une plaque métallique parallèle au plan d'oscillation et dans laquelle était percé un petit orifice. Il est bien clair que la variable $u = x - y$ reprend la même valeur à tous les instants où des rayons lumineux émis par une source étendue, normalement aux plaques, traversent à la fois les deux orifices. A l'aide d'un troisième pendule, convenablement réglé et oscillant parallèlement aux deux premiers, on pouvait appliquer la méthode des coïncidences pour l'étude de la périodicité des éclairs. Le réglage correspondait à un intervalle de 100 oscillations entre les coïncidences.

L'expérience montre que l'on peut produire des chocs sur la tige, la faire osciller, la déplacer par flexion de façon quelconque, sans altérer le moindrement l'intervalle des coïncidences.

Il est d'ailleurs facile de se rendre compte que, dans une telle expérience, les accélérations verticales étaient négligeables par rapport aux accélérations horizontales du support.

Ainsi sans précautions spéciales on a pu réaliser une périodicité d'éclairs constante à $\frac{1}{10000}$ de seconde près, malgré d'importants effets perturbateurs produits sur le support. Les deux pendules prennent des mouvements absolument quelconques, mais les éclairs ont une succession rigoureusement périodique.

On a proposé, depuis longtemps, l'utilisation de deux pendules oscillant en sens inverse, soit pour supprimer les mouvements du support dans les mesures précises de la gravité (Faye, Peirce), soit pour chercher à obtenir une compensation, au moins partielle, de l'effet de ces mouvements (horloge à double-pendule de Bréguet). Mais on voit bien que la solution que nous proposons est entièrement différente et beaucoup plus générale. Nous n'imposons aucune condition au mouvement des pendules, qui est quelconque et dépend de celui du support; *nous portons notre attention unique-*

ment sur la différence des élongations, qui reste harmonique et possède la même durée de période que les pendules.

En ce qui concerne l'entretien du mouvement, le principe même du dispositif nous interdit d'agir sur le support commun des pendules : on doit entretenir séparément chacun des organes oscillants.

Mais il sera alors possible de provoquer une compensation dans les effets perturbateurs dus aux chocs d'entretien; et même, cette compensation pourra être rigoureuse, si les impulsions, au lieu d'être constantes, sont proportionnelles à l'amplitude, ce que l'on peut réaliser. Ainsi il n'y aurait plus lieu de s'astreindre à produire le choc d'entretien au passage par la position d'équilibre et c'est là un nouvel avantage du dispositif.

On voit quelle peut être la nature des applications de ce système à organe oscillant double. S'il s'agit de pendules de gravité pour les mesures de la pesanteur, il élimine complètement l'effet du mouvement d'un support, même peu rigide.

D'autre part les mesures de gravité deviennent possibles, même dans le cas d'accélérations perturbatrices horizontales, pourvu que les accélérations verticales restent très faibles (condition qui semble pouvoir être réalisée, en ballon par exemple).

En ce qui concerne les chronomètres, on a signalé que leur marche était plus mauvaise à la mer qu'au repos (citons par exemple la Communication de M. de Catalano au Congrès de Chronométrie de Paris en 1920). Cela tient probablement à un effet perturbateur des forces horizontales d'inertie. qui s'exerce par suite de l'impossibilité où l'on est de placer le centre de gravité du spiral exactement sur l'axe de rotation. L'association de deux organes réglants identiques, suivant le principe que nous venons d'exposer, améliorerait certainement la marche des chronomètres à la mer.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les oscillations libres des extrémités de tubes élastiques parcourus par un courant uniforme de fluide.* Note [1] de M. **F.-J. Bourrières**, présentée par M. M. Brillouin.

Chacun a pu observer les mouvements spontanés communiqués à l'extrémité d'un tuyau d'arrosage en caoutchouc, sans garniture métallique, par un fort courant d'eau qui le parcourt.

---

[1] Séance du 28 décembre 1931.

Les mouvements des extrémités de tubes où circule un fluide (air ou eau) sont soumis à des lois précises et simples.

Le phénomène est périodique quand il se produit dans des conditions fixes. Il a paru intéressant de l'étudier, car il est de ceux où une excitation continue donne naissance à une oscillation. Comme il peut se produire à grande échelle et avec des vitesses modérées, il y avait lieu d'espérer qu'il serait plus facile d'en analyser l'entretien que pour d'autres cas de périodicité à excitation continue (tourbillons de Bénard-Karman, battement des anches, etc.).

Les lois de ces vibrations sont relatives :

1° Aux espaces (amplitude avec ses divers aspects, amortissement, amorçage, spontanéité).

2° Aux temps (période);

3° Aux forces (entretien du mouvement);

I. Lois des espaces ou amplitudes. — *Loi préliminaire.* — Il suffit d'un guidage très léger à la racine de la partie vibrante du tube pour fixer le mouvement dans un plan.

Première loi. — Pour chaque tube et pour un courant donné, il existe une longueur du tube au-dessous de laquelle aucune oscillation ne prend spontanément naissance, et où toute oscillation de hasard s'amortit. L'amortissement est d'autant plus rapide que la longueur du tube est plus faible.

Deuxième loi. — Au-dessus d'une certaine longueur de l'extrémité libre du tube que nous nommerons *longueur d'oscillation « amorcée »*, aucune oscillation ne naît spontanément dans le tube préalablement droit et immobile, mais si l'on donne au tube un écart suffisant, il part et l'oscillation s'entretient.

L'écart suffisant doit avoir une valeur *finie*, assez grande lorsque la longueur est près de la longueur d'oscillation amorcée. Cet écart suffisant diminue et tend vers 0 quand la longueur de l'extrémité libre du tube se rapproche de la longueur d'oscillation spontanée.

Troisième loi. — Au-dessus d'une certaine longueur de l'extrémité libre du tube, les oscillations naissent *spontanément.* L'amplitude en croît beaucoup. La tangente à l'extrémité finit par dépasser la perpendiculaire à la position moyenne, si la vitesse du fluide est assez grande.

Le tableau suivant donne le résultat de quelques mesures importantes en C.G.S. se rapportant toutes à des mouvements horizontaux.

La vitesse U est la fraction : débit en volume divisé par la section. Pour les gaz, le volume débité est supposé mesuré détendu à 1 atmosphère.

Numéro du tube.	D, diamètre extérieur.	d, diamètre intérieur.	δ, densité linéaire.	E, coefficient d'élasticité.	U, vitesse du fluide.	l, longueur d'oscillation amorcée.	L, longueur d'oscillation spontanée.	Période.	Nature du fluide.
1..........	0,86	0,5	0,32	6.10^6	8900	5,1	5,8	0,043	air
5..........	1,6	1,2	1,7	32.10^6	7100	23,5	30	0,24	»
5..........	»	»	»	»	11100	16	19,8	0,125	»
5..........	»	»	»	»	333	63	71	0,68	eau
B..........	2,7	2	4,1	35.10^6	570	94,5	100,3	0,64	»

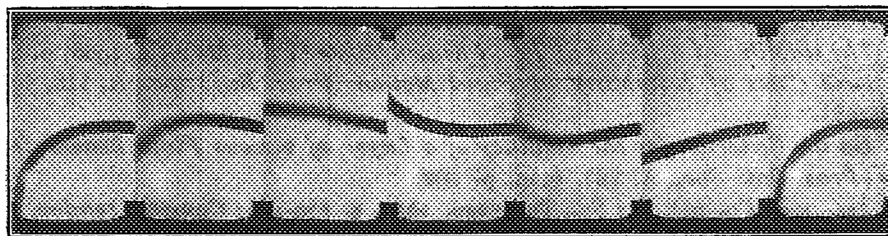
II. Lois des temps ou périodes. — La durée d'oscillation est d'autant plus faible, 1° que la densité linéaire du tube est plus faible et 2° que le courant du fluide est plus rapide.

III. Lois des forces ou de l'entretien du mouvement. — *Première loi*. — Les oscillations sont en relation avec la réaction du fluide à l'extrémité du tube. Cette réaction semble se décomposer en deux parties, l'une due au mouvement curviligne dans ce tube suivant une loi bien connue, l'autre à la difficulté d'écoulement dans le milieu extérieur.

Deuxième loi. — L'amortissement dans le cas d'une extrémité libre courte s'explique facilement par l'effet connu du raidissement des jets.

Troisième loi, — Tous les *entretiens* d'oscillation s'expliquent par le fait que le mouvement du tube avant de passer par la position moyenne *n'est pas symétrique* du mouvement après passage par cette position. Voir la figure donnée.

Quatrième loi. — Le *démarrage spontané* des oscillations après une position rectiligne au repos est dû au phénomène du *flambage*, sous les forces de réaction et de frottement du jet, sur l'enveloppe élastique supposée *doublement encastrée*. La réaction est en effet toujours tangente à l'extrémité du tube.



N. B. — Le film ci-dessus montre une période d'oscillation. On y remarque deux positions rectilignes du tube différemment placées, une pour l'aller, l'autre pour le retour. On remarquera sur le film les 7 événements principaux d'une période en allant de gauche à droite : maximum d'élongation en bas, proéminence vers le haut, position rectiligne en haut, maximum d'élongation en haut, proéminence vers le bas, position rectiligne en bas, maximum d'élongation en bas. Le tube est encastré à droite. On n'en voit sur la figure que les deux tiers à partir de l'encastrement.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les tourbillons en bandes.* Note (1) de M. H. JOURNAUD, présentée par M. M. Brillouin.

Les courants de convection dans une nappe liquide, d'épaisseur uniforme e, primitivement au repos, et chauffée par-dessous, donnent naissance aux tourbillons cellulaires dont l'étude détaillée a été faite par M. H. Bénard (2); la théorie en a été ensuite faite par Lord Rayleigh (3) et complétée par H. Jeffreys (4) et A. R. Low (5). D'autre part, M. H. Bénard (2) a signalé le premier l'existence des « tourbillons en bandes » pour lesquels la théorie de Rayleigh prévoit un rapport $\lambda/e = 2$; M. C. Dauzère les a reproduits en utilisant soit les différences de densité dues à l'oxydation superficielle et à l'évaporation de certains bains révélateurs (6), soit les mouvements de convection produits à une température assez basse dans une couche de cire d'abeilles fondue et recouverte d'une pellicule superficielle solidifiée. M. H. Bénard a reproduit également les tourbillons de bains révélateurs entre deux parois solides horizontales et il a montré que le rapport λ/e était sensiblement égal à 2 (7). D'autre part M. T. Terada et ses élèves (8), étudiant l'écoulement de certains liquides volatils en couche mince sur un plan incliné chauffé par-dessous, ont mis en évidence la formation de tourbillons en bandes pour lesquels ils ont trouvé un rapport λ/e

---

(1) Séance du 28 décembre 1931.

(2) *Rev. gén. des Sc.*, n° **23**, 15 décembre 1900, p. 1261; n° **24**, 30 décembre 1900, p. 1309; *Thèse*, Paris, 1901. — *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 1109; *Bull. Soc. Phys.*, n° **266**, 1928, p. 112 S.

(3) *On the convection currents in a horizontal Layer of Fluid, when the higher Temperature is on the under side* (*Phil. Mag.*, 6e série, **31**, 1916, p. 529).

(4) *The stability of a Layer of Fluid heated below* (*Phil. Mag.*, **2**, 1926, p. 833, 844); *Some Cases of Instability in Fluid Motion* (*Proc. Roy. Soc.*, A, **118**, 1928, p. 195-208).

(5) *On the Criterion for the Stability of a Layer of viscous Fluid heated from below* (*Proc. Roy. Soc.*, A, **125**, 1929, p. 180).

(6) *Ass. pour l'avanc. des Sc.*, Toulouse, 1910, p. 179-185; *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 974; **156**, 1913, p. 1228.

(7) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 1257; *Bull. Soc. fr. Phys.*, n° **266**, 1928, p. 112 S.

(8) *Report of the Aeronautical Research Institute* (*Tokyo Imperial University*), **3**, 1928, p. 1.

sensiblement différent de 2 (tantôt supérieur, tantôt inférieur à 2 suivant le liquide employé).

L'objet de cette Note est de faire connaître les premiers résultats d'une série de mesures faites sur des tourbillons produits par un procédé analogue à celui de M. T. Terada, mais perfectionné en particulier par l'emploi d'une méthode optique qui permet l'enregistrement instantané des tourbillons; le liquide était soit du spermaceti fondu, soit de la paraffine; la vitesse V était de quelques centimètres par seconde; dans tous les cas, le rapport λ/e a été trouvé inférieur à 2. Les résultats de ces mesures sont donc, comme ceux de M. T. Terada (et comme certaines données de M. C. Dauzère, relatives aux tourbillons dans les bains développateurs), en désaccord avec les premiers résultats cités plus haut.

Cette divergence de résultats peut être expliquée de la manière suivante : dans le cas des tourbillons des bains développateurs ou des tourbillons de M. Dauzère, le phénomène est à deux dimensions : autrement dit, les trajectoires des différentes particules fluides sont des courbes planes fermées situées dans des plans verticaux parallèles, perpendiculaires à l'axe moyen du tourbillon. (Ceci explique pourquoi ces tourbillons sont rarement rectilignes, et affectent des formes vermiculées). Dans les expériences de M. T. Terada au contraire, comme dans les expériences actuelles, l'ensemble du fluide, au lieu d'être immobile, est animé dans toute son étendue d'un mouvement de translation rectiligne, il en résulte : 1° que les bandes sont parfaitement rectilignes; 2° que les trajectoires des différentes particules du fluide au lieu d'être des courbes fermées situées dans des plans verticaux parallèles sont des hélices à pas allongé. Il n'est donc, *a priori*, pas étonnant qu'il y ait des différences entre les résultats numériques.

D'autre part Lord Rayleigh suppose dans son calcul que le phénomène est à deux dimensions, c'est-à-dire les trajectoires sont des courbes planes situées dans des plans verticaux parallèles, ce qui est le cas des tourbillons en bandes de M. H. Bénard et de M. C. Dauzère. Pour que les résultats continuent à être valables dans le cas des trajectoires hélicoïdales, il faudrait que les phénomènes ne dépendent pas des mouvements relatifs du fluide et de la paroi, autrement dit que la viscosité soit négligeable, ce qui n'est pas le cas.

HYDRAULIQUE. — *Loi de répartition des vitesses sur la verticale de parallélisme des filets dans une lame déversante*. Note [1] de MM. **Maurice Golaz** et **Jacques Mesnager**, présentée par M. Augustin Mesnager.

Considérons un déversoir dont le profil δ soit un arc de cercle (rayon r_δ) dans le voisinage de la verticale de parallélisme Ω [2]. Soit M un point de celle-ci, pris à l'intérieur de la lame, α étant l'angle formé par la vitesse v avec l'horizontale. Nous nous proposons d'établir la loi de répartition de v le long de Ω, lorsque les trajectoires liquides sont des arcs de cercles excentriques d'un même faisceau.

Nous choisirons dans le plan d'écoulement les axes coordonnés, l'axe des $+x$ parallèle à la vitesse, l'axe des $+y$ perpendiculaire mais dirigé du côté opposé au centre de courbure.

L'eau étant considérée ici comme un liquide élastique visqueux, les équations du mouvement en régime permanent s'écriront sous la forme particulière

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} = X - v\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{(\lambda+2\varepsilon)}{\rho}\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\varepsilon}{\rho}\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}, \tag{1}$$

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} = Y + \frac{(\varepsilon+\lambda)}{\rho}\frac{\partial^2 v}{\partial x\,\partial y}, \tag{2}$$

dans lesquelles X et Y désignent les composantes des forces extérieures rapportées à l'unité de masse, ρ la densité, ε et λ les coefficients de Lamé.

Prenons comme origine O des axes de références l'intersection de l'axe des centres du faisceau avec Ω. On aura, en désignant par ξ la distance $\overline{MO}$, r le rayon de courbure :

$$x = -\xi\sin\alpha, \qquad y = \xi\cos\alpha = r. \tag{3}$$

Si l'on admet d'autre part que le long d'un même filet liquide, les termes en $\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}, \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}, \frac{\partial^2 v}{\partial x\,\partial y}$ sont négligeables dans le voisinage de Ω, on peut écrire comme conséquence immédiate du théorème de Bernoulli

$$v\frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial \xi} = -g. \tag{4}$$

---

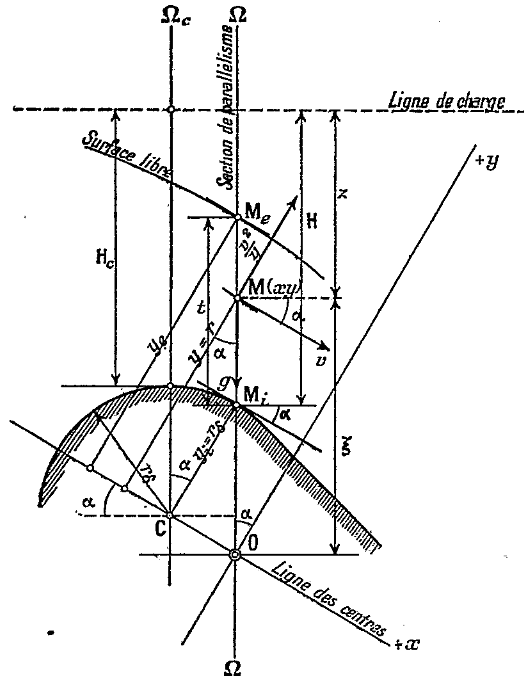
[1] Séance du 21 décembre 1931.

[2] *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 336. M. Golaz a suggéré un principe nouveau qui veut que la puissance hydraulique développée par la lame y soit maximum.

Nous considérerons comme seules forces extérieures la pesanteur et la force centrifuge. En substituant (3) dans (1) et (2), puis par combinaison avec (4), on parvient à l'équation différentielle

$$\frac{v^2}{\xi} + v\frac{\partial v}{\partial \xi} + C = 0, \tag{5}$$

qui peut s'intégrer à l'aide d'un artifice classique de calcul. Le résultat



final, qui traduirait la loi cherchée, ne présente d'ailleurs pas grand intérêt, car dans les applications il serait plus simple de procéder par différences finies.

Après quelques développements, on trouverait

$$C = \left[\frac{\cos^2\alpha \sin^2\alpha(\lambda + 2\varepsilon) + \varepsilon \sin^4\alpha - \cos^4\alpha(\lambda + \varepsilon)}{\lambda \cos^2\alpha + 2\varepsilon \cos^2\alpha + \varepsilon \sin^2\alpha}\right] g. \tag{6}$$

Désignons maintenant par angle de parallélisme limite α^*, l'angle particulier qui, pour une relation déterminée entre ε et λ, annule C [1]. L'inté-

[1] Si cette relation est de la forme $\lambda = k\varepsilon$, on constate que le mouvement est indépendant de la viscosité.

gration de (5) est alors immédiate et conduit à la loi de répartition

$$vr = C_1, \tag{7}$$

commune à d'autres phénomènes hydrauliques.

Quant à la valeur relative des coefficients de Lamé, on peut être amené à envisager les valeurs suivantes :

$$\lambda = -\frac{2}{3}\varepsilon \text{ (Stokes)}, \qquad \alpha_1^* = 24^\circ 53',$$
$$\lambda = 0 \text{ (Poiseuille)}, \qquad \alpha_2^* = 32^\circ 46',$$
$$\lambda = \varepsilon, \qquad \alpha_3^* = 36^\circ 51'.$$

L'angle α^* n'a pas, on le voit d'après ce qui précède, une valeur numérique encore bien définie. Quoi qu'il en soit, et dans l'état actuel de nos connaissances sur la composition moléculaire de ce liquide, compte tenu aussi des hypothèses simplificatives du calcul, on pourra admettre, sans erreur appréciable, que la répartition des vitesses le long de la verticale Ω est exprimé par (7), lorsque α est voisin de $\frac{\pi}{6}$ (1). Cette dernière condition est celle que l'on rencontre le plus souvent en pratique.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Augmentation de la résistance aux chocs répétés des pièces assemblées par soudure.* Note (2) de M. **D. Rosenthal**, présentée par M. Augustin Mesnager.

Certains essais (3) ont conduit leurs auteurs à conclure que la résistance aux efforts alternés des pièces assemblées par soudure se trouve fortement abaissée dans la zone de jonction située entre le métal de base et le métal déposé par fusion.

Cependant nos essais en cours montrent que, si la soudure est ductible (4), il est possible de remédier à cette diminution de résistance en matant au préalable la zone de jonction susmentionnée.

---

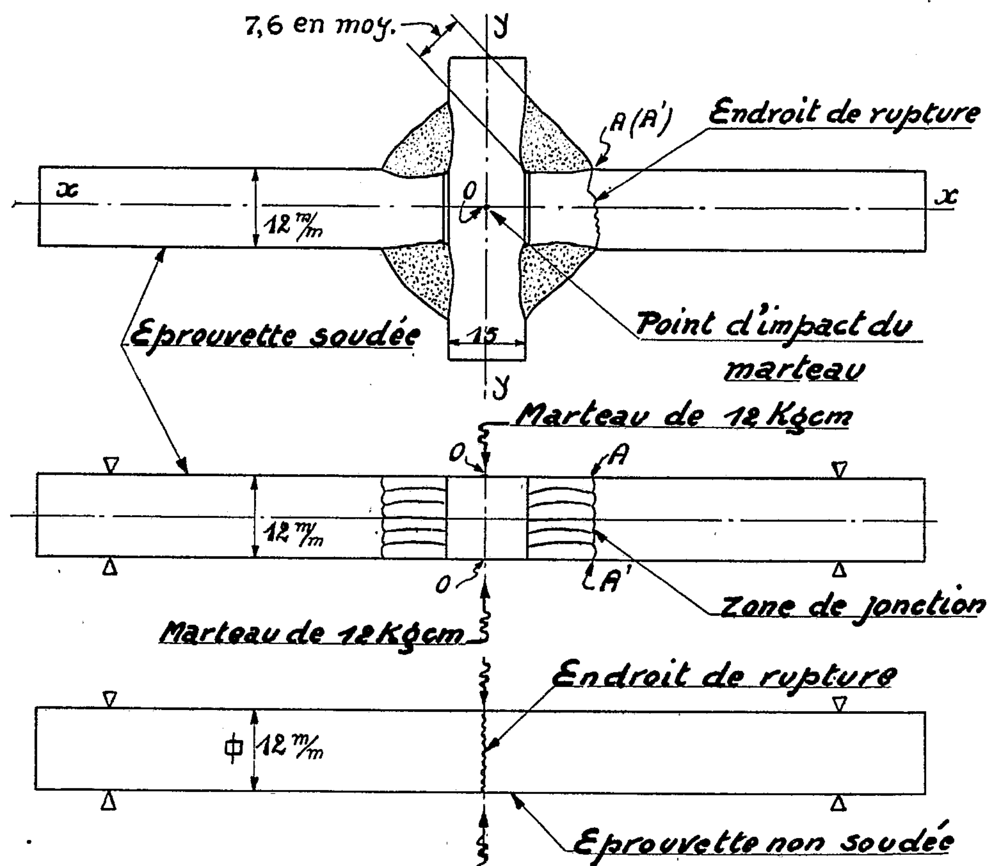
(1) Dans un cas concret ($\alpha = 30^\circ$), M. Golaz a pu en contrôler l'exactitude par la concordance des débits calculé et mesuré (*Mémoires et Compte rendu des travaux de la Société des Ingénieurs civils de France*, Bulletin, mars-avril 1921, p. 433).

(2) Séance du 21 décembre 1931.

(3) Dr Ing. Schaechterle (Stuttgart), *Einige Bemerkungen zu den Vorschriften fuer geschweisste Stahlbauten* (*Der Stahlbau*, 27 novembre 1931, p. 285).

(4) Nous entendons par là une soudure ayant un allongement min. sur 5 diamètres = 20 pour 100.

En opérant sur les éprouvettes, découpées dans une même tôle d'acier doux, de construction, soudées et non soudées, du type représenté par la figure ci-dessous, nous sommes arrivés, en effet, à faire supporter aux



éprouvettes soudées et matées les mêmes nombres de chocs à la rupture, sous un marteau de 12 kg/cm qu'aux éprouvettes non soudées. Par contre, les mêmes éprouvettes soudées, mais non matées, n'ont supporté à la rupture qu'un nombre de chocs environ moitié moindre.

Sous ce rapport nos essais paraissent se rattacher à ceux de M. Thum (¹). Ce dernier a montré qu'il est possible d'augmenter la limite d'endurance par flexion rotative des éprouvettes entaillées, en soumettant au préalable

(¹) Voir *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 75, 24 octobre 1931, p. 1328.

les fonds des entailles à l'écrouissage par traction. Cela a pour effet d'y créer des tensions résiduelles de compression qui diminuent la grandeur des surtensions lors de l'essai.

Le matage de la zone de jonction, refoulant la matière dans le sens $y-y$. et l'allongeant dans le sens $x-x$, agirait donc, dans le cas des pièces soudées, à la manière de l'écrouissage appliqué par M. Thum.

S'il en est ainsi, on conçoit qu'une ductilité suffisante du métal de base et du métal d'apport soit nécessaire pour la réussite de cette opération.

TABLEAU DES ESSAIS AUX CHOCS RÉPÉTÉS.

Marteau de 12 kg/cm.

Éprouvette.	Numéro d'ordre.	Nombre de chocs avant rupture.
Éprouvette soudée non matée	4	63960
	6	89030
	7	60278
Éprouvette soudée matée	2	140698
	3	125714
	8	157492
Témoin non soudé	4	155556
	6	134606

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'existence d'un régime permanent de rotations dans un astre fluide en anneau.* Note (¹) de M. **Pierre Dive**, présentée par M. É. Cartan.

Cette étude sur la rotation autour d'un axe d'une masse fluide en anneau, soumise à l'attraction newtonienne de ses parties, possède un lien étroit avec les recherches de Laplace, de Mme Kowaleskaya, de Maxwell et de H. Poincaré sur l'anneau de Saturne (²).

Ces savants ont, en général, assimilé cet astre à un fluide homogène animé d'une rotation d'ensemble, et ont pu, dans ces hypothèses, établir l'existence d'une figure d'équilibre annulaire.

Mais on sait que, dans une critique habile, Maxwell a montré qu'un tel anneau serait instable et que, dès lors, il ne pourrait représenter le cas réel de l'anneau de Saturne (³). C'est principalement pour satisfaire à ce desi-

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

(²) Cf. F. Tisserand, *Traité de Mécanique céleste*, 2, p. 116 à 185.

(³) Cf. H. Poincaré, *Figures d'équilibre d'une masse fluide*, p. 202.

deratum de stabilité que Maxwell a été conduit à reprendre l'idée de Cassini et à considérer l'anneau de Saturne comme formé d'une multitude de grains de poussière cosmique doué chacun d'une rotation propre.

Sans nous placer, tout d'abord, dans le cas spécial de l'anneau de Saturne, nous avons cherché à généraliser les recherches précédentes, sur les anneaux fluides, en introduisant l'hypothèse de l'hétérogénéité et celle de la possibilité de mouvements relatifs des particules. Tout en conservant la condition de fluidité, nous nous sommes rapprochés ainsi de la conception de Maxwell.

Dans cette Note nous envisagerons un fluide stratifié en couches de densité constante, infiniment minces, suivant des tores dont les sections méridiennes forment une famille de cercles concentriques. Nous supposerons, de plus, que la densité de cette masse décroît d'une manière continue du centre de sa section méridienne jusqu'à sa périphérie.

Nous allons montrer que *ces hypothèses permettent d'établir l'existence d'un régime permanent de rotations internes capable de maintenir l'anneau fluide ainsi constitué dans sa stratification*. Toutefois, nous conduirons notre démonstration en admettant, comme l'ont fait Laplace, M[me] Kowaleskaya et Poincaré, pour l'anneau de Saturne, que les tores ont des sections méridiennes de dimensions faibles par rapport au rayon de leur circonférence moyenne.

Soient oxy le plan de cette circonférence moyenne commune à tous les tores, $o_1 z$ leur axe de révolution; et désignons par ρ la densité au point (l, z) de cote z à la distance l de l'axe $o_1 z$, par U le potentiel newtonien, par ω la vitesse angulaire et par p la pression en ce point.

La pesanteur ne sera pas supposée a priori *normale aux surfaces à densité constante. Pour définir un régime permanent de rotations, il nous suffira de trouver une expression de ω^2 positive et uniforme, associée à une pression p positive et bien déterminée dans tout le domaine du fluide.*

Le procédé général que nous avons indiqué dans notre théorie des *Rotations internes des astres fluides* (A. Blanchard, édit., Paris) s'applique au cas des anneaux. Nous pouvons donc partir de notre formule (*Rotations internes des astres fluides*, p. 12) :

$$(1) \qquad \omega^2 = \frac{1}{\rho l}\left[\int_\rho^{\rho_e}\left(\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial l}\right)_\rho d\rho - \rho_e\left(\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial l}\right)_{\rho=\rho_e}\right],$$

où ρ_e est la densité superficielle. Toute la question est ainsi ramenée au calcul de U en fonction de ρ et l, et à l'étude du signe de $\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial l}$.

Prenons comme nouvelle origine le centre o de la section méridienne $y=0$, et menons par ce point un axe oz parallèle à $o_1 z$; $x=l-a$ et z seront les coordonnées du point potentié M, $x'=l'-a$ et z', celles du point potentiant M', $\rho(x', z')$ sera la densité en ce point, et s la distance MM'. Le potentiel U au point (x, z) est donné par la formule (cf. Poincaré, *Figures d'équilibre*, p. 187)

$$(2)\qquad U = 2\int\int_{\Sigma}\rho(x', z')\log\frac{8a}{s}\,d\sigma' + \int\int_{\Sigma}\frac{x'-x}{a}\rho(x', z')\,\mathrm{Log}\frac{8a}{s}\,d\sigma' + \int\int_{\Sigma}\frac{x+x'}{a}\rho(x', z')\,d\sigma',$$

l'intégration étant étendue à l'aire Σ de la section méridienne.

L'intégrale

$$\int\int_{\Sigma}\rho(x', z')\,\mathrm{Log}\frac{1}{s}\,d\sigma'$$

est un potentiel logarithmique. Dans l'hypothèse actuelle des couches circulaires on trouve

$$(3)\qquad \int\int_{\Sigma}\rho(x', z')\,\mathrm{Log}\frac{1}{s}\,d\sigma' = \pi\left[\mathrm{Log}\frac{1}{\alpha}\int_0^{\alpha^2}\rho(\alpha')\,d\alpha'^2 + \int_{\alpha^2}^{\alpha_e^2}\rho(x', z')\,\mathrm{Log}\frac{1}{\alpha'}\,d\alpha'^2\right],$$

où $\alpha^2 = x^2+z^2$, $\alpha'^2 = x'^2+z'^2$, α_e^2 étant le rayon de la section méridienne de l'anneau.

Introduisons la fonction

$$(4)\qquad \varkappa(\alpha) = \frac{1}{2}\int_{\alpha^2}^{\alpha_e^2}\rho(\alpha')\,d\alpha'^2;$$

nous parvenons à la formule simple

$$(5)\qquad \int\int_{\Sigma}x'\rho(x', z')\,\mathrm{Log}\frac{1}{s}\,d\sigma' = \frac{\pi x}{\alpha^2}\int_0^{\alpha^2}\varkappa(\alpha')\,d\alpha'^2 \quad (^1).$$

Il est alors facile de calculer U en fonction de α; en posant

$$N(\alpha, a) = \int_0^{\alpha^2}\rho(\alpha')\,\mathrm{Log}\frac{8a}{\alpha}\,d\alpha'^2 + \int_{\alpha^2}^{\alpha_e^2}\rho(\alpha')\,\mathrm{Log}\frac{8a}{\alpha'}\,d\alpha'^2,$$

on a

$$(6)\qquad U = \frac{\pi}{a}\left[\frac{1}{\alpha^2}\int_0^{\alpha^2}\varkappa(\alpha')\,d\alpha'^2 + \int_0^{\alpha_0^2}\rho(\alpha')\,d\alpha'^2 - N(\alpha, a)\right](l-a) + 2\pi N(\alpha, a).$$

---

(1) On remarquera que cette expression n'est autre que celle du produit par $-\frac{1}{2}$ de la composante X de l'attraction newtonienne d'un cylindre circulaire indéfini.

Et, puisque α^2 ne dépend que de ρ, nous avons immédiatement

$$(7)\qquad \left(\frac{\partial U}{\partial l}\right)_\rho = \frac{\pi}{a}\left[\frac{1}{\alpha^2}\int_0^{\alpha^2} \varkappa(\alpha')\,d\alpha'^2 + \int_0^{\alpha_e^2} \rho(\alpha')\,d\alpha'^2 - N(\alpha, a)\right].$$

Cette expression est négative à l'intérieur de l'anneau et sur sa surface. Le second membre de la formule (1) est donc certainement positif. Enfin, au moyen d'un procédé — que nous avons déjà utilisé — nous pouvons nous assurer que la pression p est également positive dans tout le domaine du fluide (*Rotations internes*..., *loc. cit.*, p. 16).

ASTRONOMIE. — *Étude analytique des mouvements d'ensemble des étoiles à hélium.* Note [1] de MM. **Henri Mineur** et **Pierre Guintini**, présentée par M. E. Esclangon.

1. Nous avons montré [2] l'intérêt que présente l'étude de la rotation galactique pour la connaissance de la structure de la voie lactée; nous avons proposé une méthode qui ne laisse subsister aucune ambiguïté sur la position du centre de rotation. Dans une seconde Note [3] nous avons appliqué cette méthode aux étoiles à hélium en utilisant des procédés graphiques. Le résultat semblait favorable à l'hypothèse supergalactique et, étant donnée l'importance du problème, nous avons jugé nécessaire, malgré la longueur des calculs, de reprendre ce problème par des procédés analytiques.

2. Le plan galactique a été partagé en 38 carrés; dans chacun d'eux on a formé les moyennes x, y, des coordonnées des étoiles B du carré par rapport aux deux premiers axes galactiques ayant pour origine le Soleil, et les moyennes X, Y, des projetions des vitesses de ces étoiles sur ces mêmes axes. Le matériel était le même que dans la seconde Note citée. La vitesse (X, Y) ainsi obtenue n'est autre que la vitesse de translation d'ensemble des étoiles B au point x, y. Nous avons représenté X et Y par deux polynomes du troisième degré en x, y et nous avons calculé les coefficients de ces polynomes par la méthode des moindres carrés

$$\begin{aligned} X = &-15{,}01 + 3{,}55x + 3{,}20y - 0{,}88x^2 \\ &- 0{,}24xy - 0{,}03y^2 - 0{,}40x^3 - 0{,}79x^2y - 0{,}58xy^2 + 0{,}01y^3, \\ Y = &-6{,}48 - 0{,}84x + 2{,}31y + 0{,}77x^2 \\ &+ 0{,}99xy - 0{,}98y^2 - 0{,}04x^3 - 0{,}28x^2y + 0{,}46xy^2 - 0{,}68y^3. \end{aligned}$$

---

(1) Séance du 28 décembre 1931.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 222.

(3) *Ibid.*, p. 225.

L'unité adoptée pour x et y est 100 parsecs et pour X et Y 1 km/sec.

Les erreurs moyennes des coefficients sont approximativement $\mp 0,4$ pour les termes constants; $\mp 0,6$ pour les termes du premier degré; $\mp 0,25$ pour ceux du second et $\mp 0,15$ pour ceux du troisième degré.

3. Formons le rotationnel Φ et la divergence Ψ du vecteur X, Y :

$$\Phi = \frac{\partial Y}{\partial x} - \frac{\partial X}{\partial y} = -4,0 + 1,8x + 1,0y + 0,6x^2 + 0,6xy + 0,4y^2,$$
$$\Psi = \frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial y} = +5,9 - 0,8x - 2,2y - 1,5x^2 - 0,7xy - 2,6y^2.$$

Si l'on admet que les mouvements d'ensemble des étoiles sont dus à une rotation autour d'un centre avec une vitesse angulaire $\Omega(r)$ et à un éloignement $K(r)$ doit avoir

$$\Phi = 2\Omega(r), \qquad \Psi = \frac{K}{r} + \frac{\partial K}{\partial r}$$

et les courbes $\Phi =$ const. et $\Psi =$ const. doivent être des cercles ayant pour centre le centre de rotation.

Les courbes $\Phi =$ const. sont des ellipses d'aplatissement 0,5 ayant pour centre le point

$$x = -40, \qquad y = -120 \qquad \text{(parsecs)}.$$

Les courbes $\Psi =$ const. sont des ellipses d'aplatissement 0,3 ayant pour centre le point

$$x = -16, \qquad y = -40.$$

Compte tenu des erreurs moyennes des coefficients des développements X et Y, on peut considérer ce résultat comme favorable à la rotation du système local et par conséquent à l'hypothèse supergalactique, bien qu'il n'apporte encore qu'une présomption en faveur de ces hypothèses.

Il n'y a pas incompatibilité entre ces résultats et l'hypothèse d'une rotation autour d'un centre situé à 150 ou 200 parsecs de la Carène.

4. Il est intéressant de comparer les résultats précédents à ceux que l'on devrait obtenir si l'on admettait la théorie de Oort-Lindblad; on devrait trouver dans ce cas :

$$X = \text{const.} + 1,4x + 2,3y,$$
$$Y = \text{const.} - 0,6x - 1,4y,$$

et

$$\Phi = -3,0,$$

les autres termes étant négligeables.

Il y a donc une certaine incompatibilité entre nos résultats et l'existence d'un centre éloigné.

Les développements obtenus pour X et Y peuvent à la rigueur s'expliquer par l'introduction du terme K, mais une telle explication devient impossible pour Φ. Si l'on veut rejeter la rotation du système local il faut admettre que nos résultats sont rendus illusoires par les erreurs inhérentes à ces recherches, ou sont dus à des courants d'étoiles.

A ce propos nous avons remarqué que les vitesses des courants de Persée, des Pléiades, du Scorpion, du Centaure et d'Orion ne diffèrent du courant d'antapex que d'une vitesse faible qu'on peut considérer comme représentant la différence des rotations de la galaxie aux points où ces courants sont localisés. S'il en est ainsi l'objection précédente tombe d'elle-même.

5. Enfin on peut objecter à l'hypothèse de la rotation du système local que, d'après celle-ci, les vitesses angulaires augmenteraient lorsqu'on s'éloigne du centre, ce qui paraît dynamiquement absurde. On peut répondre à cette objection en admettant que la rotation d'ensemble des astres est directe. Le signe négatif trouvé pour le coefficient B de Oort proviendrait alors d'une erreur fort admissible sur la définition du système d'axes fixes auquel on rapporte les étoiles.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Un point de technique des vibrations.* Note (¹) de M. **Georges Bouligand.**

Les vibrations propres d'un système matériel continu présentent ce caractère : resserrement indéfini, sur toute l'étendue vibrante, des lignes ou surfaces nodales, quand la fréquence croît indéfiniment. Je dis que ce fait, physiquement classique, découle du théorème qui, pour l'équation

$$\Delta u + \omega^2 u = 0, \tag{1}$$

généralise l'invariance par médiation de Gauss des fonctions harmoniques [2].

Soit d'abord le cas où l'élongation u d'une vibration propre satisfait, pour

[1] Séance du 28 décembre 1931.

[2] On peut également le rattacher à la remarque suivante : si l'on subdivise l'étendue vibrante en cellules telles que la fréquence du premier harmonique de chacune d'elles soit inférieure à la fréquence propre de la vibration étudiée, chacune de ces cellules est *subdivisée* par le système des variétés nodales.

une valeur ω (nombre de variations dans le temps 2π), à l'équation (1); raisonnons dans l'espace à n dimensions, pour ne pas sacrifier le côté analytique, intéressant en lui-même. Appelons $H_n(r)$ la fonction paire et entière, réduite à 1 pour $r=0$ et vérifiant

$$\frac{d^2u}{dr^2}+\frac{n-1}{r}\frac{du}{dr}+u=0, \tag{2}$$

a_n la plus petite racine positive de $H_n(r)$ et σ_n la surface de la sphère de rayon 1. La solution $H_n(\omega PM)$ de (1) (P fixe, M variable) *reste positive dans une sphère de rayon* $< a_n\omega^{-1}$; le problème de Dirichlet ne pouvant y devenir, ni indéterminé ([1]), ni impossible, la solution en sera donnée au centre P de la sphère de rayon r par l'intégrale

$$u_P=\frac{1}{\sigma_n}\int u_M\frac{dG}{dn_M}(M, P)\,dS_M \tag{3}$$

étendue à la surface ($n-1$ dimensionnelle) de cette sphère. Transcrivant (3) pour $H_n(\omega MP)$ en notant que la dérivée normale de la fonction de Green de (1) ne dépend que de r, on retrouve facilement la formule connue ([2])

$$u_P\,H_n(\omega MP)=\frac{1}{\sigma_n r^{n-1}}\int u_M\,dS_M \tag{4}$$

applicable à toute solution de (1) régulière dans une région englobant complètement notre sphère. Quand ωr tend vers a_n, le premier membre de (4) tend vers zéro. Il faut donc que la plus courte distance δ du point P à l'ensemble des zéros de la solution u vérifie l'inégalité

$$\delta<\frac{a_n}{\omega}, \tag{5}$$

corollaire immédiat : la suite des a_n est *non décroissante*.

Quant au théorème même exprimé par (5), on peut l'énoncer ainsi : *le corps vibrant est entièrement recouvert par l'ensemble obtenu en effectuant la construction de Cantor-Minkowski* ([3]), *sur le système des lignes ou surfaces nodales, avec le rayon* $a_n\omega^{-1}$.

([1]) Voir notamment MAURO PICONE, *Sopra alcuni problemi d'Analisi posti dalla Fisica* (*Circ. Mat. di Catania*, 2, 1922, p. 183-205).

([2]) Voir par exemple SBRANA, *Sulle funzioni meta-armoniche* (*Rendic. di Palermo*, 53, 1929, p. 428-436).

([3]) BOULIGAND, *Sur la construction de Cantor-Minkowski* (*Ann. Soc. Polon. Math.*, 9, 1930, p. 26-32).

Cela subsiste quand l'élongation de la vibration propre satisfait à

$$\Delta u + \omega^2 c(M) u = 0 \qquad \text{avec } c(M) \geqq 1. \tag{6}$$

En effet, admettons un instant qu'une solution de (6), régulière dans une région suffisamment étendue, puisse rester positive dans une sphère de rayon $> a_n \omega^{-1}$. Nous aurions, dans une sphère concentrique de rayon $< a_n \omega^{-1}$,

$$u_P = \frac{1}{\sigma_n} \int_{n-1} u_M \frac{dG}{dn_M}(M, P)\, dS_M + \frac{\omega^2}{(n-2)\sigma_n} \int_n (c_M - 1) u_M G_M^P V_M,$$

G étant la fonction de Green de (1); le premier membre de (4) ne pouvant être dès lors inférieur au second, en faisant tendre ωr vers a_n, on serait conduit à une contradiction.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le glissement d'un influx électrique périodique le long d'un cylindre-axe.* Note de M. **R. Ferrier**, présentée par M. G. Ferrié.

I. Partant des résultats établis dans le cas de la réflexion totale, où il est reconnu qu'une ondulation électromagnétique évanescente glisse sur la surface limite avec une vitesse qui dépend de l'incidence, je me suis proposé de rechercher, par analogie, si les équations de l'électrodynamique permettraient à une perturbation électrique de fréquence ν, possédant une symétrie axiale, de glisser le long d'un cylindre avec une vitesse quelconque, sans se dissiper latéralement.

Dans le vide environnant le cylindre, je définis cette sorte d'*influx* électromagnétique par les composantes de son champ magnétique $\mathcal{H}$, qui sont, à la distance ρ de l'axe des z, de la forme

$$\frac{-y}{\rho} f(\rho) \cos 2\pi\nu\left(t - \frac{\alpha z}{c}\right), \qquad \frac{x}{\rho} f(\rho) \cos 2\pi\nu\left(t - \frac{\alpha z}{c}\right), \qquad 0,$$

le coefficient arbitraire α devant être déterminé ultérieurement, et la fonction $f(\rho)$ devant précisément être telle que le champ $\mathcal{H}$ satisfasse aux équations de Maxwell dans le vide, c'est-à-dire à

$$\left\{\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \Delta\right\}\mathcal{H} = 0, \qquad \text{d'où} \qquad f''(\rho) + \frac{1}{\rho} f'(\rho) - \frac{1}{\rho^2} f(\rho) = \frac{4\pi^2\nu^2}{c^2}(\alpha^2 - 1) f(\rho).$$

On trouve que l'une des solutions de cette équation différentielle est

développable en série :

$$F(\rho) \equiv \rho + \frac{1}{2.4}\left[\frac{4\pi^2\nu^2}{c^2}(\alpha^2-1)\right]\rho^3 + \frac{1}{2.4^2.6}\left[\frac{4\pi^2\nu^2}{c^2}(\alpha^2-1)\right]^2\rho^5 + \dots$$
$$+ \frac{1}{2.4^2.6^2\dots(2n)^2(2n+2)}\left[\frac{4\pi^2\nu^2}{c^2}(\alpha^2-1)\right]^n\rho^{2n+1} + \dots$$

et l'on calcule selon la méthode classique, une autre solution particulière :

$$G(\rho) \equiv -2F(\rho)\int\frac{d\rho}{\rho F^2(\rho)},$$

La solution générale $f(\rho)$ est une combinaison linéaire de F et de G, fonction dont le type est quasi exponentiel, si $\alpha > 1$, et quasi sinusoïdal, si $\alpha < 1$.

C'est en considérant les conditions aux limites imposées au *champ électrique* $\mathcal{E}$ par la nature du cylindre-guide, à la surface de ce cylindre, que l'on pourra déterminer α. Les composantes de ce champ sont, en vertu des relations de Maxwell.

$$\alpha\frac{x}{\rho}f(\rho)\cos 2\pi\nu\left(t-\frac{\alpha z}{c}\right), \qquad \frac{\alpha y}{\rho}f(\rho)\cos 2\pi\nu\left(t-\frac{\alpha z}{c}\right);$$
$$\frac{c}{2\pi\nu}\left[f'(\rho)+\frac{1}{\rho}f(\rho)\right]\sin 2\pi\nu\left(t-\frac{\alpha z}{c}\right).$$

On voit, par exemple, que la composante parallèle à l'axe ne peut disparaître entièrement que si $f(\rho)$ se réduit à $\frac{1}{\rho}$, ce qui exige $\alpha = 1$. Je vais montrer que ce cas particulier doit être éliminé pratiquement.

II. Il convient en effet de s'assurer que l'*énergie* ne se dissipe pas latéralement : cette condition ne peut être remplie que si la valeur absolue des champs décroît assez rapidement, en fonction de ρ, pour que l'intégrale d'énergie, calculée entre deux plans de côtés z_0 et z_1, reste finie. Or, cela n'est possible que si α est supérieur à 1 (le cas limite $\alpha = 1$ donne déjà une intégrale infinie). Si α est inférieur à 1, le cylindre agit non plus comme *guide d'un influx* mais comme *antenne* de *rayonnement*. Un simple coude du guide provoque, d'ailleurs, un rayonnement du *côté de la convexité*, par le seul fait de l'accélération qu'il impose au glissement de ce côté.

III. Mais cette condition imposée à α à l'*extérieur* du guide, pour que l'influx se conserve, n'est plus nécessaire à l'*intérieur* du cylindre-axe ou des gaines qui l'enveloppent. En effet, si les substances constituant le guide sont des *diélectriques*, on peut appliquer le même raisonnement dans chacune, pour le champ $\mathcal{H}$, en remplaçant simplement c par $\frac{c}{n}$ (n étant l'indice dans

la région considérée). Le coefficient α diffère de l'une à l'autre, et peut être quelconque. On observe toutefois que :

a. A l'extérieur du guide, et jusqu'à l'infini, la seule solution qui convienne (parce qu'elle annule les champs à l'infini) est de la forme $G(\rho)$, alors qu'à l'intérieur du cylindre central, la seule solution convenable est de la forme $F(\rho)$, les autres présentant toutes une singularité sur l'axe. Le champ électrique est *longitudinal* sur l'axe.

b. Dans les gaines cylindriques, la solution peut être une combinaison linéaire de F et de G. L'ensemble des valeurs de α se détermine par la condition de continuité du champ $\mathcal{H}$, et de changement brusque de direction du champ $\mathcal{E}$, suivant la loi des tangentes (comme dans le problème de la réfraction-réflexion).

c. Il serait intéressant de rechercher si une anisotropie des propriétés électriques de la matière constituant le guide (anisotropie conservant elle-même une symétrie axiale), laisse subsister ces propriétés fondamentales de l'influx électrique, et si la valeur de α à l'extérieur du guide peut être ainsi notablement augmentée. Une analogie remarquable pourrait être ainsi établie avec l'influx nerveux, la décroissance quasi exponentielle du champ en dehors du guide permettant de concevoir l'indépendance de deux guides parallèles et voisins (au rebours de ce qui a lieu pour deux courants de conduction), et l'absence de déperdition dans les coudes.

IV. Il apparaît, en définitive, que c'est la vitesse de glissement de la phase de la perturbation électrique périodique, le long du guide matériel, qui détermine le caractère *évanescent* ou *radiant* du champ électromagnétique, en fonction de la distance à l'axe.

MÉTROLOGIE. — *Contribution à la construction et à l'emploi d'un appareil propre à la mesure des petites déformations* (1). Note (2) de M. A. **Guillet**, présentée par M. Ch. Fabry.

Les ressources de la métrologie sont illimitées car il est toujours possible, en principe, de relier entre elles, par des lois physiques convenablement

(1) Dans les recherches que je résume ici, j'ai tenu compte des renseignements qui m'ont été donnés sur *le contrôle des calibres* par M. Nicolau et sur *l'étude pratique de l'élasticité des matériaux* par MM. Moutte et Landverlein.

(2) Séance du 28 décembre 1931.

choisies, des grandeurs quelconques et de faire par là servir les unes à la mesure des autres. En opérant de la sorte on profite de particularités précieuses parfois inattendues, qui rendent souvent faciles des mesures qu'il serait presque impossible de réaliser, dans les mêmes conditions, par la voie directe.

C'est ainsi que j'ai cherché à mesurer les petites déformations, dans tous les cas où elles se produisent, en leur substituant les quantités d'électricité induites par lesquelles on sait les traduire.

Précisons sur un exemple : soit à copier un calibre donné. Le *comparateur* d'essai construit pour cet objet comporte un *palpeur* ayant la forme d'un fléau de balance reposant par l'intermédiaire d'un couteau (ou d'un cylindre) sur l'extrémité supérieure d'une colonne massive *m* fixée au centre d'une épaisse tablette de marbre. Ce fléau, chargé à l'une de ses extrémités d'un contrepoids variable, réglable aussi par déplacement sur filet de vis, commande par son autre extrémité le traducteur elmg des dimensions à estimer. Une vis *v* permet de communiquer un mouvement vertical de translation à un étrier sur lequel le fléau s'appuie par l'un de ses points et qui est monté sur une seconde colonne solidaire de la tablette. On peut, en agissant sur la vis *v* faire tourner lentement le fléau autour de son axe. A la colonne *m* est d'autre part fixé, en son milieu, par un large collier de serrage et à hauteur voulue, une sorte de banc horizontal dont l'une des parties est destinée à recevoir un contrepoids et l'autre la pièce à palper. A cet effet le banc porte à l'une de ses extrémités un écrou fixe à axe vertical muni d'une vis *v* à large tête, percée elle-même suivant son axe d'un canal cylindrique dans lequel on introduit le col de la plate-forme adaptée à la figure de la pièce à contrôler et qui vient reposer sur la tête de la vis. On voit qu'il est facile ainsi, non seulement d'élever ou d'abaisser la plate-forme, mais encore de l'orienter. En regard de cette plate-forme et pour servir à la palpation des objets que l'on y dispose, le fléau porte, incrustée dans son épaisseur inférieure, une bille d'acier par exemple. L'opérateur n'a pas à intervenir autrement que par la manœuvre de la vis *v* dont le rôle est tout qualitatif. Les prises de contact et les substitutions sur la plate-forme des pièces à comparer s'effectuant dans les mêmes conditions de pression et autres, les écarts entre les pièces contrôlées sont immédiatement fournis par le relevé des indications du récepteur des charges induites relatives à chacun des contacts.

Il est facile de transformer le comparateur par exemple en *élasticimètre*.

Le seul organe nouveau est un *tracteur* agissant sur l'échantillon éprouvé par l'intermédiaire d'une pièce percée d'une fenêtre dans laquelle s'engage l'extrémité du fléau palpeur; les déplacements dus aux allongements ou aux contractions sont ainsi transmis au fléau et par suite au traducteur elmg dont l'élément mobile est suspendu à la cardan à son extrémité.

Il m'a paru commode d'employer des traducteurs elmg à *effets proportionnels aux déplacements transmis* : c'est le cas pour une longue bobine *b*, mobile par translation suivant l'axe d'une seconde longue bobine fixe B, dont l'une des extrémités reste dans la région centrale de B et l'autre hors de cette bobine et loin d'elle. Il en est de même pour un cerceau mobile *b* compris entre deux autres cerceaux identiques fixes B, B′ et de même axe que *b* lorsque les bobines B, B′ *opposent* leur champ sur *b*.

Dans le cas d'un *traducteur à rotation* la bobine mobile *b* est placée dans la région centrale d'une bobine B à champ uniforme, les axes des deux bobines étant d'abord perpendiculaires entre eux; à la rotation θ correspond alors une variation d'inductance $K' \sin\theta$ proportionnelle au déplacement angulaire θ lorsque celui-ci reste petit. Pour des applications qualitatives ne demandant que de la sensibilité, on imaginera aisément des traducteurs *avec fer* adaptés à chaque cas.

Il reste à exciter le traducteur *elmg* et à faire choix du récepteur : le moyen le plus simple consiste à utiliser une f. e. m. constante en série avec un interrupteur redresseur multiple du type Ruhmkorff, le tout inséré dans le circuit inducteur B du traducteur, et à disposer de même dans le circuit induit *b* un galvanomètre et un interrupteur redresseur I′ identique au précédent et décalé par rapport à lui de $\frac{1}{4}$ de circonférence [1]. Pour opérer à fréquence invariable, on peut faire emploi soit du vibro-trieur [2], soit de deux interrupteurs cylindriques à dents, identiques entre eux, décalés de $\frac{1}{2}$ intervalle, montés sur l'axe d'un moteur chronométrique, commandant, l'un les fermetures et les ouvertures du circuit inducteur, l'autre assurant le tri de l'un des groupes de courant induit [3]. On évite l'emploi de tout organe tournant ou vibrant auxiliaire en appliquant au circuit inducteur B une f. e. m. alternative, un détecteur à contact étant inséré d'autre part dans le circuit induit [4]. La substitution au galvanomètre et au détecteur

---

(1) *Bull. Soc. int. des Élect.*, 2e série, **8**, n° 78, 1908, p. 552.

(2) *Bull. Soc. fr. Phys.*, **278**, 3 mai 1929, p. 84.

(3) *Bull. Soc. fr. Phys.*, **230**, 19 mars 1926, p. 57.

(4) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1066.

d'un appareil sensible du type électrodynamomètre ou autre sera examinée ailleurs.

IONISATION. — *Les gaz ionisés dans le champ magnétique ; preuve de l'existence de l'électron tournant.* Note [1] de MM. **Th. V. Ionescu** et **C. Mihul**, transmise par M. A. Cotton.

Nous avons montré [2] que l'air ionisé a une période propre de vibration qui correspond à la longueur d'onde $9^m,50$ et qui est indépendante de l'intensité du courant d'ionisation. Ce fait s'expliquait par l'hypothèse, que les molécules peuvent s'attacher des électrons. Dans une nouvelle série de mesures pour les longueurs d'ondes comprises entre 2^m et 40^m, nous avons retrouvé les mêmes résultats, et de plus, pour des pressions plus petites que 10^{-5} mm Hg, nous avons constaté que le nombre d'électrons libres croît, tandis que celui des électrons attachés aux molécules décroît.

Nous avons fait ensuite des recherches pour voir l'effet d'un champ magnétique parallèle aux armatures du condensateur à gaz ionisé, sur la variation de la capacité Δc et de la conductibilité σ de ce condensateur, pour des longueurs d'onde comprises entre $\lambda = 2,34$ et $\lambda = 19^m$. On peut tirer les mêmes conclusions de l'étude de Δc et de σ. Mais nous faisons connaître seulement les valeurs de la conductibilité σ, qui sont plus exactes. Les courbes A représentent en fonction du champ H la conductibilité σ due aux deux sortes d'électrons; les lignes en pointillé séparent l'effet des électrons libres de celui des électrons attachés aux molécules. L'effet des électrons attachés est représenté séparément par les courbes B.

Les courbes A nous montrent que les électrons libres ont une fréquence propre de vibration : $\nu = \frac{1 e H}{2 \pi m}$, comme l'a déjà montré S. Benner [3].

Les électrons attachés aux molécules entrent en résonance avec l'onde extérieur pour des champs H' plus petits que H. Pour des fréquences qui

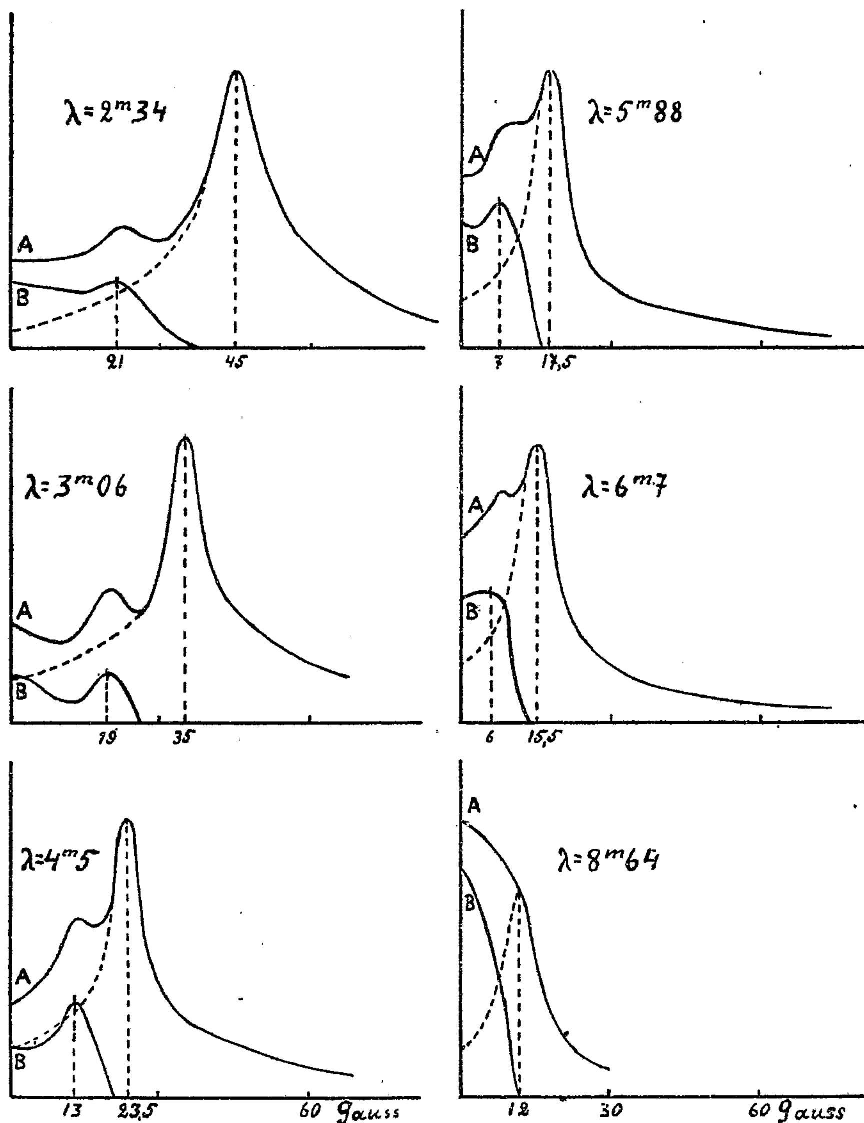
---

(1) Séance du 28 décembre 1931.

(2) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1436; 192, 1931, p. 343; *Annales Scientifiques de l'Université de Jassy*, 17, I-II, 1931, p. 80.

(3) S. Benner, *Ueber die Eigenschwingungen freier Electronen in einem konstanten Magnetenfeld* (*Thèse*, Stockholm, 26 mai 1931).

correspondent à des longueurs d'onde plus grandes que 4^m la différence $H - H' = H_0$ est constante et approximativement égale à 10,5 gauss. Pour des fréquences plus grandes la différence $H - H'$ croît. Ces résultats



peuvent être interprétés en admettant que les électrons attachés se trouvent dans un champ magnétique, moléculaire de 10,5 gauss (1). Dans ce champ

(1) Les liaisons entre les électrons et les molécules sont probablement magnétiques.

les électrons ont des mouvements de précession avec la vitesse angulaire

$$\omega_0 = \frac{e}{m} H_0 = 1.96 \times 10^8 T^{-1}$$

qui correspond parfaitement à la fréquence propre du gaz ionisé sans champ magnétique extérieur. Lorsqu'on applique un champ extérieur H′ les molécules se dirigent dans le sens du champ et la précession a lieu dans le champ résultant $H = H_0 + H'$ et, l'on obtient la résonance du gaz pour une longueur d'onde plus petite que $9^m,50$.

A l'aide de la relation

$$\sigma = \frac{R\omega^2 N \frac{e^2}{m}}{(\omega_0'^2 - \omega^2)^2 + R\omega^2}$$

où l'on a posé

$$\omega_0' = \omega_0 + H' \frac{e}{m} = \frac{e}{m}(H_0 + H'),$$

nous avons calculé $\sigma = f(H)$.

Les courbes calculées coïncident bien avec celles données par l'expérience.

ÉLECTRONIQUE. — *Recherches sur la diffraction des électrons par des cristaux uniques d'or et de platine.* Note [1] de MM. **J.-J. Trillat** et **Th. v. Hirsch**, présentée par M. M. de Broglie.

Nous avons montré qu'il était possible, au moyen d'un appareillage que nous avons décrit (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 649), de mettre en évidence la diffraction d'électrons monocinétiques par des cristaux uniques d'or contenus dans des feuilles d'or battu. Nous rappelons que ces cristaux sont orientés avec une direction (100) (arête du cube) perpendiculaire à la surface de la feuille; de plus, ces cristaux sont déformés et courbés par le martelage, ce qui se traduit sur les diagrammes par des taches allongées en forme d'arcs de cercle (voir cliché de la Note précédente).

Dans le présent travail, nous avons étudié d'une part les transformations amenées par le recuit d'une même feuille d'or battu, et d'autre part, la diffraction par des cristaux uniques de platine.

I. *Étude du recuit des feuilles d'or battu.* — Les feuilles, placées sur des

(1) Séance du 21 décembre 1931.

disques en nickel (trou de 2^{mm}), ont été recuites dans le vide à des températures variables pendant deux heures. Leur examen par l'analyse électronique montre que l'on peut suivre directement sur l'écran fluorescent les variations de structure amenées par ces divers recuits. On a constaté ainsi que l'action du recuit commence à se manifester à partir de 400°, et qu'elle est particulièrement marquée entre 400° et 500°.

Les feuilles recuites à ces températures fournissent des diffractions de cristaux uniques beaucoup plus nettes que les feuilles non recuites : en particulier les taches de diffraction sont moins allongées, ce qui indique que sous l'action du recuit, les déformations des cristaux dues au travail mécanique ont considérablement diminué, sans que l'orientation soit modifiée.

A partir d'une température voisine de 500°, commence la recristallisation, c'est-à-dire la formation, aux dépens des gros cristaux orientés, de petits cristaux présentant toutes les orientations possibles. Le diagramme se compose alors d'anneaux complets de Debye-Scherrer; la feuille d'or possède, après un tel recuit, une fragilité considérable.

Ces résultats sont également intéressants au point de vue métallurgique, puisqu'ils permettent de suivre directement, sur un écran, les variations de structure d'un métal.

2. *Diffraction par des cristaux uniques de platine.* — Les feuilles de platine battu (épaisseur environ $60^{m\mu}$) ont donné lieu à des résultats encore plus nets (voir *fig.* 1 et 2).

Comme dans le cas de l'or, les cristaux de platine sont orientés par le martelage; mais ces cristaux sont beaucoup moins déformés, probablement par suite de leur moindre plasticité. En explorant la feuille placée perpendiculairement au faisceau primaire, on n'observe sur l'écran que des diagrammes de cristaux uniques, composés de taches très fines et très intenses.

A la différence des feuilles d'or, il existe, dans ce cas, deux orientations des cristaux cubiques, l'une avec l'axe (100) (arête du cube), l'autre avec l'axe (110) (diagonale de face), perpendiculaires à la surface de la feuille (*fig.* 1 et 2); ces deux orientations se rencontrent à peu près avec la même fréquence, avec cependant une légère prédominance de la seconde.

De même que pour l'or, les diagrammes obtenus peuvent s'interpréter comme provenant de la diffraction par un cristal à trois dimensions légèrement déformé. Cependant, la diffraction par un réseau à deux dimensions, fourni par le plan réticulaire parallèle à la surface de la feuille, donnerait lieu au même diagramme, sans qu'il soit nécessaire d'admettre cette cour-

bure; cette explication a été donnée par Bragg et Kirchner (*Nature*, 16 mai 1931) pour l'interprétation des diagrammes de Kikuchi relatifs au mica.

Une expérience simple permet de trancher entre ces deux explications; en tournant le cristal autour d'un axe normal au faisceau d'électrons, on doit en effet, dans le cas du réseau plan, obtenir pour chaque angle un diagramme analogue, la distance entre les taches suivant la direction perpen-

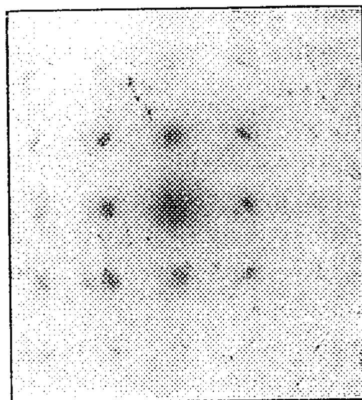


Fig. 1. — Cristal unique de platine orienté suivant l'axe (100). Électrons de 40 kilovolts.

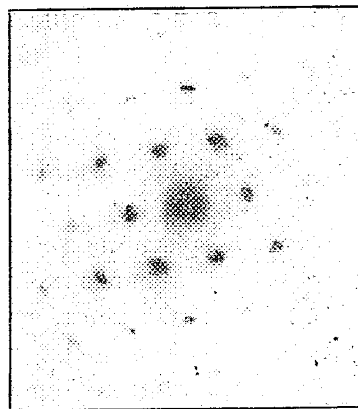


Fig. 2. — Cristal unique de platine orienté suivant l'axe (110). Électrons de 40 kilovolts.

diculaire à l'axe de rotation étant simplement augmentée dans le rapport $1/\cos\theta$ ($\theta =$ angle dont on a tourné le cristal). Au contraire, dans le cas du réseau à trois dimensions, une partie seulement des taches calculées pour un réseau à deux dimensions doivent apparaître, les autres disparaissant par suite de la condition d'interférence suivant la troisième direction. Le nombre des taches observées, qui est déterminé par l'axe cristallographique amené par la rotation dans la direction parallèle au faisceau primaire, doit donc varier d'une façon discontinue avec l'angle.

Or l'expérience confirme entièrement ce dernier cas; les phénomènes observés sont donc bien dus ici à la diffraction d'électrons par un réseau cristallin à trois dimensions.

MAGNÉTISME. — *Sur la mesure directe des susceptibilités magnétiques des liquides par la balance magnétique Curie-Chéneveau.* Note [1] de MM. C. **Chéneveau** et **C. Courty**, présentée par M. A. Cotton.

Lorsqu'on fait la théorie de la balance Curie-Chéneveau, on admet qu'une masse M de substance de coefficient d'aimantation χ, placée dans le plan de symétrie normal à la ligne des pôles d'un aimant annulaire à pièces polaires biseautées et à entrefer assez étroit, est soumise à une force f_x, normale à cette ligne des pôles :

$$f_x = \chi \mathrm{MH} \frac{d\mathrm{H}}{dx}, \tag{1}$$

H étant la valeur de l'intensité du champ dans la direction parallèle à la ligne des pôles, $\frac{d\mathrm{H}}{dx}$ la dérivée de ce champ par rapport à la direction perpendiculaire à l'intensité H.

On mesure alors χ par comparaison avec une substance dont le coefficient χ' est connu. Pour cela on place substance et corps de comparaison dans une même région du champ choisie de manière que le terme $\mathrm{H}\frac{d\mathrm{H}}{dx}$ puisse être considéré comme constant dans toute cette région nécessairement toute petite.

Dès lors, si f'_x est la force agissant sur le corps de comparaison, on a identiquement

$$f'_x = \chi' \mathrm{M'H} \frac{d\mathrm{H}}{dx}, \tag{2}$$

d'où

$$\frac{f_x}{f'_x} = \frac{\chi \mathrm{M}}{\chi' \mathrm{M'}}. \tag{3}$$

Pratiquement l'équation (3) n'est applicable que si les deux masses de substance occupent le même volume.

Cette condition est nécessaire pour que $\mathrm{H}\frac{d\mathrm{H}}{dx}$ soit sensiblement le même pour les deux forces à comparer.

Les tubes utilisés pour ce genre de mesures portent toujours un trait de repère et il est commode de les remplir jusqu'à ce trait pour chaque sub-

---

(1) Séance du 21 décembre 1931.

stance. La substance occupe alors tout l'espace utile de l'entrefer de l'aimant.

Nous avons fait sur ce point des essais systématiques et les résultats de nos expériences nous permettent d'affirmer que, v et v' étant les volumes occupés par les liquides à comparer, inférieurs ou égaux au volume v_0 limité par le repère dans le tube, les forces f_x et f'_x ne sont effectivement comparables que si v et v' sont égaux, conformément à la théorie qui introduit le facteur $H\frac{dH}{dx}$.

Nous avons alors calibré un tube par des pesées de mercure et constaté pour trois liquides, l'eau, la benzine, le tétrachlorure de carbone, qu'en prenant des volumes égaux, non seulement on peut mesurer le coefficient d'aimantation en faisant des pesées, mais qu'on peut déterminer la susceptibilité magnétique directement sans faire ces pesées. Dans les deux cas la précision obtenue est de l'ordre de 1 à 2 pour 100.

Voici d'ailleurs ces résultats en prenant comme terme de comparaison l'eau, dont le coefficient d'aimantation et la susceptibilité magnétique s'expriment par le même nombre universellement admis : $0,72.10^{-6}$.

χ_m représente les coefficients, $\varkappa_m$ les susceptibilités, l'un et l'autre mesurés directement par l'expérience.

χ_c et $\varkappa_c$ les mêmes grandeurs calculées respectivement à partir de $\varkappa_m$ et χ_m. Nous prenons comme densité de la benzine 0,88 et du tétrachlorure 1,63, la température étant de 20°C. pour calculer $\varkappa_c$ et χ_c.

Volumes de benzine.	$-10^6\chi_m$.	$-10^6\varkappa_c$.	$-10^6\varkappa_m$.	$-10^6\chi_c$.
$0^{cm^3},635$	0,703	0,6186	0,619	0,703
$0^{cm^3},548$	0,698	0,6142	0,619	0,703

Volumes de tétrachlorure.	$-10^6\chi_m$.	$-10^6\varkappa_c$.	$-10^6\varkappa_m$.	$-10^6\chi_c$.
$0^{cm^3},630$	0,424	0,6911	0,693	0,4251
$0^{cm^3},526$	0,421	0,6860	0,690	0,4236

Ishiwara, Isnardi et Gans indiquent pour la benzine $-10^6\chi_m = 0,712$, ce qui entraîne $-10^6\varkappa_c = 0,626$.

Pascal, pour le tétrachlorure, indique $-10^6\chi_m = 0,429$, d'où l'on conclut $-10^6\varkappa_c = 0,699$.

Il est donc possible, même avec un tube calibré du modèle ordinaire, de mesurer directement la susceptibilité magnétique d'un liquide avec la balance magnétique Curie-Chéneveau, sans avoir à faire de pesée, et sans s'occuper de la densité de ce liquide. La densité n'intervient même pas pour la correction du magnétisme de l'air.

OPTIQUE. — *Spectres d'absorption infrarouges de carbures benzéniques.* Note [1] de MM. **P. Lambert** et **J. Lecomte**, présentée par M. A. Cotton.

Notre spectromètre enregistreur pour l'infrarouge [2] nous a permis d'obtenir les spectres d'absorption d'un certain nombre de carbures benzéniques, entre 6 et 16^{μ} environ. Nous avons seulement perfectionné la technique sur certains points, en particulier en ce qui concerne l'étalonnage en longueurs d'onde. Jusqu'à présent nous nous étions contentés, ainsi que la plupart des auteurs, d'utiliser la courbe de dispersion du sel gemme qui constitue les prismes. Nous avons tenté d'augmenter la précision de nos déterminations en transposant ici le procédé d'étalonnage au moyen des franges d'interférences entre des lames semi-métallisées. En raison de l'opacité très grande, entre 6 et 16^{μ}, même sous une faible épaisseur, de presque toutes les substances, on est obligé d'utiliser des lames de sel gemme, de sylvine ou de bromure de potassium. Aussi la technique délicate de leur polissage parfait et la difficulté d'obtenir (par projection cathodique) un dépôt métallique (argent ou platine) d'épaisseur convenable (dépôt extrêmement mince, puisque, dans notre zone spectrale, les pouvoirs réflecteurs des métaux tendent vers 100 pour 100) avaient-elles rebuté, à notre connaissance, tous les auteurs sauf Gundelach [3].

Sur la figure on a reporté les courbes enregistrées par notre spectromètre et correspondant aux distances suivantes entre les lames de sel gemme de l'interféromètre : trait continu $2e = 53^{\mu}$, trait discontinu $2e = 119^{\mu},3$, trait mixte $2e = 202^{\mu}$. Les deux courbes en trait discontinu se rapportent à des largeurs de fente différentes dans le spectromètre.

On sait que les carbures benzéniques possèdent, entre $6^{\mu},25$ et $7^{\mu},25$ environ, une zone de très grande opacité, avec en général plusieurs maxima distincts. Nous nous sommes proposé en particulier, de rechercher l'harmonique de longueur d'onde double pour lequel la séparation entre les différentes composantes devait être doublée. Nous avons trouvé en effet, entre $12^{\mu},5$ et 15^{μ}, un certain nombre de bandes très fortes, dont beaucoup

---

(1) Séance du 21 décembre 1931.

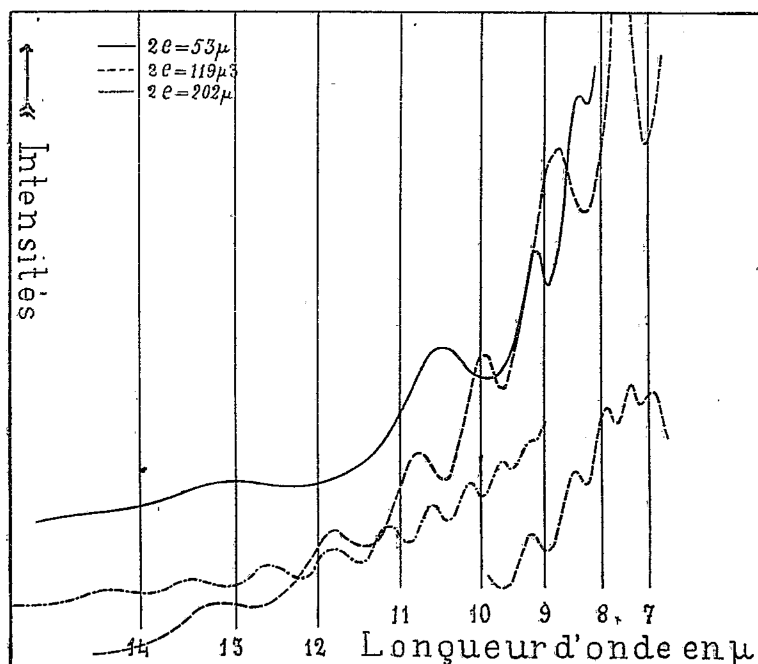
(2) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 155.

(3) *Zts. f. Phys.*, 66, 1930, p. 775-783.

sont nouvelles, mais jusqu'à présent, il n'apparaît pas de correspondance, maximum par maximum, entre les deux harmoniques.

1° *Benzène*. — Il possède à $14^{\mu},8$ une bande qui n'avait pas encore été mesurée et qui est si intense qu'une épaisseur de liquide de quelques microns suffit à provoquer une absorption presque totale en cet endroit. Cette bande se trouve fortement décalée dans les dérivés substitués.

2° Toutes les fois qu'*une chaîne aliphatique* vient se greffer sur le noyau



benzénique, il existe deux bandes très intenses, l'une vers $13^{\mu},6$ que nous attribuons à la chaîne latérale, et l'autre vers $14^{\mu},4$, qui provient de la vibration benzénique. Cette concordance n'avait pas été signalé jusqu'à présent.

3° *Substitution de radicaux* CH^3 *à plusieurs atomes d'hydrogène du noyau.* — Pour chacun des *o*-, *m*- et *p*-xylènes, nous avons retrouvé, en les complétant du côté des grandes longueurs d'onde, les caractéristiques indiquées par Coblentz; mais il résulte, en outre de nos mesures, que ces différences sont suffisamment nettes pour permettre une étude qualitative et probablement quantitative des constituants dans un mélange des trois isomères. Nous avons reconnu que ces caractères distinctifs persistaient encore dans le cas

de la substitution de trois groupements CH^3. On retrouve, dans ce cas, les bandes caractéristiques des positions *o*, *m* et *p*. Ainsi, le métaxylène possède une bande inédite à $14^{\mu},50$ qui apparaît également avec la même grande intensité dans le mésitylène, alors que les maxima qui correspondent aux dérivés *o* et *p* sont absents. Le mésitylène possède, en effet, trois groupements CH^3 en position méta les uns par rapport aux autres. De son côté, le pseudo-cumène, dont le spectre n'avait pas été mesuré encore, présente ses trois groupements CH^3 substitués dans les trois positions *o*, *m* et *p* les uns par rapport aux autres; on retrouve, en effet, dans le spectre des maxima à $13^{\mu},47$ (rappelant celui de l'*o*-xylène) à $14^{\mu},50$, $13^{\mu},02$ et $11^{\mu},43$ (analogues à ceux du *m*-xylène) et à $12^{\mu},34$ (correspondant à la bande décalée du *p*-xylène à $12^{\mu},5$). Il s'ensuit accessoirement que la distinction entre le mésitylène et le pseudo-cumène peut se faire aisément ici.

4° Les *isomères de position* possèdent des spectres d'absorption infrarouges complètement différents de ceux de leurs isomères avec chaîne latérale, ainsi que l'indiquent nos résultats inédits sur l'éthyl, le propyl et le butylbenzène, quand on les compare à ceux des xylènes, du mésitylène ou du pseudo-cumène, et du cymène respectivement. On peut même distinguer entre eux le propyl et l'isopropylbenzène. (Les résultats pour le cymène et l'isopropylbenzène sont extraits des mesures de Coblentz.)

DIFFUSION MOLÉCULAIRE. — *Les règles de polarisation des raies de Raman dans les liquides. Énoncés théoriques et vérifications expérimentales.* Note de MM. **J. Cabannes** et **A. Rousset**, présentée par M. Ch. Fabry.

Le tenseur $[\alpha]$ qui définit la réfractivité d'une molécule anisotrope varie avec la position relative des noyaux atomiques. Il en résulte qu'à chacune des oscillations fondamentales intramoléculaires de fréquence n correspond une variation sinusoïdale de ce tenseur. Si l'on désigne par q_i la coordonnée normale correspondante, le tenseur dérivé $\frac{\partial}{\partial q_i}[\alpha]$ détermine l'intensité et la polarisation de la raie Raman comme le tenseur $[\alpha]$ détermine celles de la raie non changée de longueur d'onde ([1]).

([1]) J. Cabannes et Y. Rocard, *Journal de Physique*, 10, 1929, p. 52. — J. Cabannes, *Transactions Faraday Society*, 25, 1929, p. 813. — G. Placzek, *Zeitschrift für Physik*, 70, 1931, p. 84; *Leipziger Vorträge*, 1931, p. 71. — Il résulte des remarques faites par ces auteurs que le facteur de dépolarisation d'une raie Raman doit rester compris entre 0 et 6/7.

L'un de nous (¹) a fait une application de cette théorie générale aux molécules qui possèdent des éléments de symétrie (plans, centres, axes d'ordre p) et il en a tiré la loi suivante : *Si pendant l'oscillation fondamentale définie par la coordonnée q_i, la molécule* déformée ne conserve pas tous les éléments de symétrie de la molécule non déformée, le facteur de dépolarisation ρ de la raie Raman correspondante a pour valeur 6/7. Les raies pour lesquelles ρ est inférieur à 6/7 correspondent donc à des oscillations symétriques par rapport à tous les éléments de symétrie de la molécule, et l'on pourra les distinguer immédiatement des raies qui correspondent à des oscillations antisymétriques ou dégénérées.

Nous avons réalisé un montage qui nous a permis de vérifier cette règle avec précision et d'en tirer des renseignements quantitatifs sur la structure moléculaire. Voici quelques-uns des résultats obtenus.

I. La dépolarisation d'une raie Raman n'est jamais supérieure à 6/7. Nous avons vérifié sur les molécules XCl^3 et XCl^4 que les dépolarisations que l'on avait estimées voisines de 1 étaient en réalité égales à 6/7 dans la limite de précision des mesures (²).

II. Plus une molécule est symétrique, plus est grand le nombre des raies pour lesquelles $\rho = 6/7$. Ainsi, dans les molécules tétraédriques XCl^4, toutes les oscillations, *sauf une*, altèrent la symétrie primitive. Effectivement, nous avons trouvé $\rho = 6/7$ pour toutes les raies Raman, sauf une. Cette dernière correspond à une dilatation et à une contraction périodiques du tétraèdre Cl^4. Si ce tétraèdre était parfaitement régulier, la raie serait complètement polarisée; en réalité, on trouve une valeur plus faible (³), mais différente de zéro et voisine de 0,05. Sans doute faut-il voir là un effet d'isotopie, les molécules $XCl^3_{35}Cl_{37}$ et $XCl^2_{35}Cl^2_{37}$ (qui forment à elles seules les deux tiers du mélange XCl^4) n'ayant pas la symétrie du tétraèdre régulier (⁴).

III. Dans les molécules XCl^3 on trouve, d'accord avec la symétrie de

(¹) J. Cabannes, Communication inédite au Congrès international de Chimie pure et appliquée; Madrid, 5 avril 1932.

(²) Contrairement à ce qu'avait annoncé Bhagavantam (*Indian Journal of Physics*, 5, 1931, p. 48, 59 et 603), il n'existe aucune raie dans le spectre de SO^3 pour laquelle ρ soit égal à 2.

(³) Les déterminations de Bhagavantam, comprises entre 0,1 (CCl^4) et 0,38 ($SnCl^4$) sont inexactes.

(⁴) A. Lanseth, *Zeitschrift für Physik*, 72, 1931, p. 350.

l'édifice moléculaire, deux raies dégénérées dont la dépolarisation est égale à 6/7 et deux raies symétriques beaucoup plus polarisées.

PBr^3.	n.........	116	162	380	400 cm^{-1}
	ρ..........	6/7	0,185	0,28	6/7
PCl^3.	n.........	190	258	484	511 cm^{-1}
	ρ..........	6/7	0,28	6/7	0,16
$AsCl^3$.	n.........	158	194	370	405 cm^{-1}
	ρ..........	6/7	0,42	6/7	0,08

Nos mesures sur PBr^3 lèvent le doute de Trumpy (¹) qui, ne sachant pas laquelle des deux raies 380 ou 400 était dégénérée, hésitait entre deux modèles moléculaires. Les faces du tétraèdre de sommet P sont égales à 89° dans le premier modèle et à 95°30′ dans le second; c'est ce dernier que nous devons adopter.

IV. Dans l'hypothèse où l'anisotropie optique de la molécule est due à l'influence réciproque des moments induits dans chaque atome par la lumière incidente, il est assez facile de calculer comment varie la réfractivité moyenne et l'anisotropie pendant une oscillation *symétrique*. On en tire une détermination *a priori* du facteur de dépolarisation de la raie Raman correspondante. *Or l'expérience donne des valeurs bien inférieures aux valeurs calculées.* On calcule par exemple pour la raie 655 de CS^2 $\rho = 0,46$ et l'on mesure $\rho = 0,28$. De même les valeurs expérimentales de Bhagavantam (²) pour les gaz H^2 et O^2 sont bien inférieures à celles que donne la formule établie par l'un de nous (³). On retrouve la même anomalie avec les ions CO^3 et NO^3 (en solution aqueuse) auxquels la théorie devrait s'appliquer mieux encore qu'aux molécules homopolaires précédentes; pour la *fréquence inactive* le facteur de dépolarisation observé est voisin de 0,2 au lieu de la valeur calculée 0,8. Il y a là un fait inattendu dont nous n'avons pas l'explication.

(¹) B. Trumpy, *Zeitschrift für Physik*, 68, 1931, p. 675.

(²) S. Bhagavantam, *Indian Journal of Physics*, 6, 1931, p. 319.

(³) Nous tenons à noter un fait qui n'a pas encore été signalé. Les composantes I et *i* d'une même raie Raman polarisées, l'une perpendiculairement, l'autre parallèlement au rayon primaire, n'ont pas le même aspect. La répartition des intensités n'y est pas est pas la même. La composante *i* paraît plus diffuse, parce que la région centrale (branche Q) n'y a pas une aussi grande intensité que dans la composante I, tandis que le rapport des intensités des branches P et R dans les composantes I et *i* est voisin de 1 ($\rho = 6/7$).

RADIOCHIMIE. — *Influence des électrolytes sur les phénomènes photovoltaïques*. Note de M. **René Audubert**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que la nature des électrolytes exerce une action considérable sur l'intensité et le sens des effets photovoltaïques. De très nombreux résultats ont été publiés; malheureusement il est difficile d'être certain qu'il n'y ait pas eu, au moins pour la plupart des cas, d'altération irréversible de la substance photosensible, par contact du liquide.

Aussi m'a-t-il paru nécessaire de faire de nouvelles expériences. Celles-ci ont été effectuées sur des électrodes de CuI, Cu^2O, CuO, Ag^2S, AgI, Hg^2I^2.

Après chaque détermination, le photopotentiel était contrôlé au contact d'une solution de référence (iodure de potassium pour CuI, Cu^2O, CuO, AgI; sulfate de potassium pour Ag^2S). Toute expérience au cours de laquelle le photopotentiel avait subi une variation irréversible était éliminée.

En premier lieu, le liquide intervient par son pH; l'influence de cette variable a été étudiée par Garisson [1], Athanasiu [2], M. Quintin [3].

Ces divers auteurs n'ayant pas utilisé des solutions-tampons, j'ai repris cette étude en employant comme électrolyte une solution de sulfate de potassium tamponnée par des mélanges d'acide citrique et de phosphate disodique, en faisant varier le pH dans des limites compatibles avec l'inaltérabilité des électrodes; ces limites légèrement différentes d'une substance à l'autre sont au maximum : $pH = 9$, $pH = 2,8$. Les résultats obtenus dans ces conditions confirment ceux des auteurs cités plus haut : tout photopotentiel positif est élevé par une diminution du pH et inversement; de même tout photopotentiel négatif est élevé par une augmentation du pH et inversement.

Mais l'électrolyte, qui intervient par l'activité des ions H^+ et OH, intervient encore par la nature même de ses éléments constitutifs; pour mettre en évidence cette influence, il faut, soit utiliser, quand cela est possible, des liquides tamponnés en ions H^+, soit tenir compte de cette variable, et introduire un terme correctif. C'est de cette manière que j'ai étudié, sur les substances photosensibles déjà indiquées, l'influence des électrolytes sui-

---

(1) Garisson, *J. Phys. Chem.*, 27, 1922, p. 601.
(2) Athanasiu, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 786.
(3) M. Quintin, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 1268.

vants : SO^4K^2, SO^4Na^2, KCl, NaI, KI, NaBr, KBr, SO^3Na^2, SO^4Fe, HCO^2Na, $C^2O^4Na^2$, KOH, NaOH, SO^4H^2, NO^3H, BrO^3K, BrO^3Na, $Cr^2O^7K^2$, CO^3Na^2, BO^3Na, $C^2O^6Na^2$, NO^3Ag, SO^4Cu, NO^3Cu, $CuCl^2$.

Il devient dès lors possible de dégager une action systématique des propriétés chimiques de la solution. On constate en effet que, lorsqu'une électrode présente, au contact d'une solution de SO^4H^2, un photopotentiel positif, celui-ci est plus élevé dans les solutions réductrices, il est au contraire plus faible dans les solutions oxydantes, et même dans certains cas il peut être inversé. De même, quand une électrode présente, dans une solution de SO^4K^2, un photopotentiel négatif, celui-ci est plus élevé dans les solutions oxydantes, et il est, au contraire, plus faible dans les solutions réductrices; dans certains cas, même, il peut être inversé ([1]).

Enfin, on peut aussi mettre en évidence une influence spécifiqne des sels du métal constituant l'électrode; dans tous les cas, l'effet photovoltaïque diminue en valeur absolue quand la concentration du cation s'élève.

Cette influence systématique de la nature chimique de l'électrolyte élimine la possibilité d'attribuer ces effets à un phénomène photo-électrique à la limite de séparation métal-liquide. On a déjà vérifié que dans tous les cas étudiés, les courbes de sensibilité dans le spectre étaient très différentes; en outre une explication électronique serait absolument contraire aux faits relatifs au rôle chimique du milieu. En effet, l'émission d'électrons par l'électrode présentant à un photopotentiel positif devrait être d'autant plus grande que la pression d'électrons du milieu est plus faible; or c'est précisément le contraire que l'on observe puisque la présence d'un réducteur, c'est-à-dire d'un corps dont la pression d'électrons est élevée, favorise les effets photovoltaïques positifs.

On peut interpréter tous ces résultats en admettant, ainsi que je l'ai montré dans une Note récente ([2]), que le rôle essentiel, dans ces phénomènes, est joué par l'eau. Les substances photosensibles, soit parce qu'elles sont constituées par des sels de métaux possédant plusieurs degrés d'oxydation, soit parce qu'elles sont facilement réductibles, peuvent jouer, à l'égard de l'hydrogène ou de l'oxygène, le rôle d'accepteurs. Si l'on admet une photolyse de l'eau ([3]) que j'ai été conduit à invoquer pour expliquer

---

([1]) Ces résultats sont en accord avec les mesures effectuées par Tucker (*J. Phys. Chem.*, 31, 1927, p. 1357) sur l'iodure d'argent.

([2]) R. Audubert, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 165.

([3]) R. Audubert, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 1265.

les actions de la lumière sur les électrodes de métaux non altérés, l'hydrogène ou l'oxygéne qui en résultent interviennent sur l'équilibre des électrodes, et le déplacent, soit par réduction, soit par oxydation. Le déplacement, qui est faible dans le cas des électrodes non altérées par suite d'une très rapide polarisation, en présence d'accepteur, tel que les substances recouvrant les électrodes photosensibles, peut être assez grand pour donner naissance à des photopotentiels notables.

Suivant que c'est l'hydrogène ou l'oxygène qui déplacent l'équilibre électrochimique, le photopotentiel est, soit négatif, soit positif.

Cette hypothèse permet donc de prévoir des effets photovoltaïques des deux signes, elle fournit en outre une explication rationnelle de l'influence des électrolytes sur les effets photovoltaïques.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Sur la loi des équidistances dans les piles photovoltaïques*. Note (¹) de MM. **A. Grumbach** et **F. Taboury**, transmise par M. A. Cotton.

Nous avons décrit (²) les variations discontinues de la force électromotrice des piles photovoltaïques, celles-ci prenant des valeurs stationnaires qui sont des multiples d'un même nombre. Ces recherches ayant été exécutées avec un électromètre capillaire, il était utile, pour établir définitivement l'existence du phénomène, d'en reprendre l'étude avec un électromètre à quadrants.

L'appareil employé était un électromètre Curie-Debierne monté en hétérostatique. Une force électromotrice de 1 millivolt donnait à 65^{cm} un déplacement du spot de 1^{mm}. Le cylindre enregistreur était recouvert de papier spécial Lypa obligeamment fourni par M. A. Lumière.

Nous avons d'abord suivi dans l'obscurité l'établissement des forces électromotrices résiduelles dans la pile déjà étudiée : Pt — solution de $1,56.10^{-4}$ mol/gr par litre de fluorescéine acide ($0^{g},052$) dans de l'eau acidulée à 6 mol/gr de SO^4H^2 par litre — Pt. On constate l'existence de deux régimes :

1° *Régime continu*. — La force électromotrice croît régulièrement après le court circuit et tend vers une valeur limite qui peut varier après une autre mise en court circuit.

(¹) Séance du 28 décembre 1931.

(²) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1178.

2° *Régime discontinu.* — La courbe de variation présente des paliers assez courts dont l'équidistance est nette; elle est bien de l'ordre de grandeur de celle qui a été déterminée exactement au moyen de l'électromètre capillaire.

On passe fréquemment d'un régime à l'autre, sans qu'il ait été encore possible de déterminer la cause de ce changement. Plusieurs équidistances peuvent être franchies à la fois; le premier régime n'est probablement continu qu'en apparence, l'inertie de l'équipage de l'électromètre à quadrants masquant des stationnements très brefs sur les paliers.

Des expériences analogues ont été réalisées sur une pile contenant une solution aqueuse de rouge Congo ($1,78.10^{-3}$ mol-g par litre); les discontinuités sont violentes et portent sur un grand nombre d'équidistances. La brutalité du phénomène tient probablement au caractère colloïdal de cette solution; il y a adsorption non plus d'ions ou de molécules, mais de granules de masse considérable.

D'autre part, une pile neuve contenant de l'eau bidistillée présente aussi des f. e. m. résiduelles discontinues, l'équidistance étant toujours du même ordre de grandeur, mais les courbes sont moins anguleuses que celles des solutions de matières colorantes.

Les f. e. m. photovoltaïques n'ont un caractère simple que lorsque l'éclairement est commencé en période continue sur un long palier résiduel, ce que, d'ailleurs, nous avons toujours fait jusqu'à présent. En éclairant une des deux électrodes d'une pile à fluorescéine acide avec la radiation 3650 de l'arc à mercure, on obtient une augmentation régulière de la f. e. m. qui tend vers une limite voisine de 0,03 volt. La suppression de la lumière ramène la f. e. m. à sa valeur primitive. Les courbes se reproduisent plus facilement qu'avec l'électromètre capillaire et le phénomène est sensiblement indépendant du résidu initial si celui-ci n'est pas trop grand; les courbes présentent encore quelques dentelures.

La loi des équidistances $V = nV_1$ (n nombre entier algébrique) s'applique aussi bien à une pile éclairée qu'à une pile maintenue dans l'obscurité. Elle explique l'existence du palier préliminaire précédant le palier final que nous avions remarqué au cours de nos anciennes expériences.

Il est à prévoir que cette relation s'étend aux piles les plus diverses; on peut juger de sa portée générale en se reportant aux courbes représentant en fonction du temps les f. é. m. de dissolutions de certains métaux, obtenues par M. Prot [1] avec un électromètre à quadrants; on relève sur ces

---

[1] M. PROT, *Serv. techn. de l'Aéron.*, Bull. n° 72, 1930, p. 1.

courbes des paliers marqués, mais très courts, sans doute à cause de la faible vitesse de l'enregistreur.

La loi des équidistances s'explique par l'adsorption de couches monomoléculaires superposées attirées par l'électrode ; il y a formation d'une couche multiple, dans le sens primitif de la théorie de Gouy. L'adsorption ou le départ d'une de ces couches produira une variation de potentiel égale à l'équidistance V_1. La constitution de la courbe de base voisine de l'électrode doit, pour une électrode d'un métal donné, dépendre de la nature des ions libres dans la solution.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Étude du traînage dans les cellules photo-électriques à gaz*. Note [1] de M. **P. Fourmarier**, présentée par M. Paul Janet.

Les cellules photo-électriques à gaz présentent aux tensions élevées pour lesquelles l'ionisation par chocs est importante un effet de traînage se manifestant par une diminution de la composante alternative quand la fréquence d'illumination augmente.

Plusieurs causes peuvent *a priori* être envisagées :

1° Le temps nécessaire aux ions positifs formés au voisinage de l'anode pour atteindre la cathode ; ce temps étant de l'ordre de 10 microsecondes ne peut justifier une variation notable de la composante alternative à des fréquences de l'ordre de 2000 périodes par seconde ;

2° Le temps nécessaire à la formation de la charge spatiale requise pour assurer un débit d'ions positifs égal à celui des électrons, étant donnée la différence de vitesse de ces deux éléments ; ce temps est nettement insuffisant pour expliquer une variation à 2000 périodes par seconde ;

Ces deux hypothèses conduiraient en outre à la conclusion que l'effet de la fréquence est moins marqué aux tensions élevées, ce qui est contraire à l'expérience ;

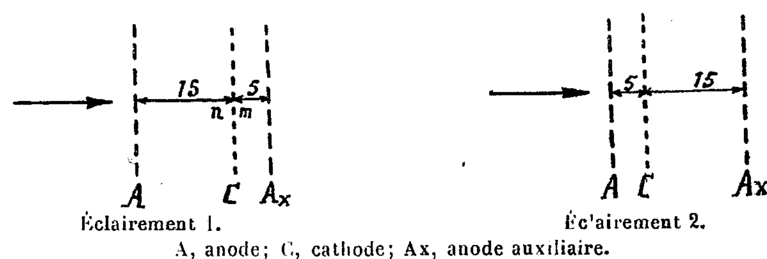
3° Un dégagement important d'électrons secondaires à la cathode par impact des ions positifs, exigeant, avant que le courant atteigne sa valeur finale, un grand nombre de trajets des ions positifs de l'anode à la cathode, pourrait expliquer le phénomène en ordre de grandeur ;

4° L'ionisation du gaz par les ions positifs étant un phénomène cumulatif lent par suite de la faible valeur du coefficient d'ionisation β, donnerait une explication analogue.

---

[1] Séance du 28 décembre 1931.

Pour éliminer l'une de ces deux dernières hypothèses, nous avons fait des essais sur la cellule suivante, à grille active (*fig.* 1) :



Éclairement 1. Éclairement 2.

A, anode; C, cathode; Ax, anode auxiliaire.

Fig. 1.

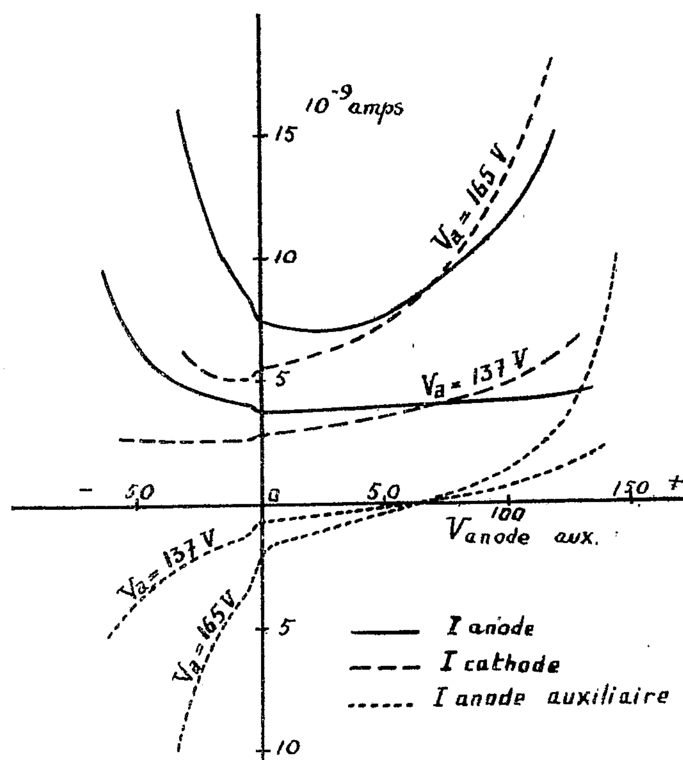


Fig. 2.

Cathode : grille en argent de 45 × 20^{mm} à 160 mailles par centimètre carré recouverte d'une couche mince de cæsium.

Anodes : deux, de part et d'autre de la cathode et parallèles à celle-ci distantes respectivement de 5 et 15^{mm}.

Gaz : Néon, pression 0^{mm},2 environ.

Les courbes des courants d'anode, cathode et anode auxiliaire (*fig.* 2) montrent que le dégagement d'électrons secondaires par impact des ions positifs sur la cathode est faible car :

1° Le courant anodique augmente quand le potentiel d'anode auxiliaire est négatif alors qu'un nombre croissant d'ions positifs traversent la cathode, diminuant le nombre d'électrons secondaires dégagés par la couche sensible;

2° Pour une même valeur de αd (α coefficient d'ionisation par les électrons, d distance entre électrodes), le dégagement d'électrons secondaires et le courant devraient être plus grands pour l'éclairement 2 que pour l'éclairement 1 puisque la vitesse des ions positifs est plus grande : cette déduction est contraire à l'expérience.

Ces courbes s'expliquent facilement en tenant compte de l'ionisation par les ions positifs; lorsque l'anode auxiliaire est négative, l'ionisation par les ions positifs ayant traversé la cathode est intense; les électrons ainsi formés traversent la cathode et s'ajoutent aux électrons primaires pour former le courant anodique; lorsque l'anode auxiliaire est positive, les ions positifs résultant de l'ionisation du gaz en m par les électrons dégagés par la face postérieure de la cathode faiblement éclairée par réflexion, traversent la cathode en vertu de leur vitesse acquise (énergie maxima : environ 40 volts), ionisent le gaz aux environs de la cathode en n, donnant ainsi naissance à des électrons qui s'ajoutent aux électrons primaires pour augmenter le courant d'anode.

Dans ces conditions, si l'ionisation par les ions positifs est une cause prépondérante du traînage, pour un même courant anodique, l'effet de la fréquence doit être plus marqué pour un potentiel d'anode auxiliaire fortement positif ou négatif que pour un potentiel nul, puisque l'ionisation par les ions positifs est alors la cause initiale d'une grande partie du courant; en outre, le courant d'anode auxiliaire doit être beaucoup plus sensible à l'effet de la fréquence puisque ayant son origine entièrement dans les ions positifs. L'expérience confirme parfaitement ces prévisions.

Conclusions. — 1. *Dans le fonctionnement des cellules à gaz, il n'est pas justifié de négliger l'ionisation par les ions positifs, même aux tensions assez éloignées de l'illumination.*

2. *La lenteur de cette ionisation est vraisemblablement la cause prépondérante du traînage.*

Cette deuxième conclusion est confirmée par les essais de M. N. R.

Campbell montrant que les cellules à remplissage d'argon $\left(\text{pour lequel } \frac{\beta}{\alpha} \text{ est petit}\right)$ présentent un traînage moindre que celles remplies d'un autre gaz $\left(\text{notamment hélium : } \frac{\beta}{\alpha} \text{ grand}\right)$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches, au moyen des rayons X, sur les modifications de l'anhydride phosphorique.* Note (¹) de MM. **K. Boratynski** et **A. Nowakowski.**

Les recherches sur l'anhydride phosphorique commercial exécutées par P. Hautefeuille et A. Perrey (²), A. Smits et A. Rutgers (³), J. Hoeflake et F. Scheffer (⁴) et enfin par A. Smits et H. Deinum (⁵) ont mis en évidence l'existence d'au moins deux modifications (cristalline et amorphe) de cet oxyde, dont la modification cristalline se sublime facilement à une température de 250-350°, tandis que la forme amorphe ne possède, à cette température, qu'une pression de vapeur de quelques millimètres de mercure.

En examinant des solutions aqueuses d'acide métaphosphorique préparé à partir des deux modifications de l'anhydride phosphorique et en suivant les changements de la conductibilité électrolytique pendant la transformation de l'acide métaphosphorique en acide orthophosphorique par hydratation (⁶), nous sommes arrivés à la conclusion que l'acide métaphosphorique obtenu à partir de la modification amorphe est fortement polymérisé. On peut en déduire que l'anhydride amorphe est aussi polymérisé; nos recherches, au moyen des rayons X, ont confirmé cette conclusion.

Nous avons effectué la sublimation de l'anhydride phosphorique, pour analyse (substance A), dans un tube en fer et dans une atmosphère d'oxygène à la température de 300°.

50ᵍ de cette substance ont donné 25ᵍ de cristaux brillants dont la dimension est de l'ordre de 10ᵐᵐ (substance B). Aux températures plus basses

(¹) Séance du 28 décembre 1931.
(²) *Comptes rendus*, 99, 1884, p. 33.
(³) *Journ. Chem. Soc.*, 125, 1924, p. 2573.
(⁴) *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, 45, 1926, p. 191.
(⁵) *Z. phys. Chem.*, 149, 1930, p. 337.
(⁶) Ceci sera publié en détail dans un autre Mémoire.

(250°) ou plus élevées (350°), le rendement du produit cristallisé est plus faible; son poids spécifique, déterminé dans le benzène, est de 2,100 (±0,003).

La partie restante non volatile (substance C) se présente sous la forme d'une masse volumineuse et amorphe pour laquelle nous avons trouvé un poids spécifique de 1,80 (± 0,01).

Les spectrogrammes X de ces trois substances (A, B et C) ont été obtenus d'après la méthode de Debye-Scherrer et Hull, dans des tubes de verre à parois très minces. Le diamètre du spectrographe était 111mm,6, celui du collimateur 1mm; le rayonnement Cu(Kα, β) était filtré par une feuille en nickel et le temps de pose était de 13 heures (31 kV$_{\text{eff.}}$, 15 mA).

Diagramme des substances A *et* B. — Les distances des anneaux d'interférences et les intensités des raies sont identiques pour les deux substances A et B. Il résulte, d'après la méthode graphique de Hull, que ces substances appartiennent au système rhomboédrique; $a_0 = 11,12$ Å, $c \doteq 1,12$ (système hexagonal, Tableau I [1]). Le nombre des molécules de P^2O^5 dans la cellule élémentaire est égal à 12 (nombre calculé 11,98).

TABLEAU I. — P^2O^5 (A et B).

Indice hexagonal.	Distance réticulaire.	$\sin^2\delta \times 10^4$. observé.	$\sin^2\delta \times 10^4$. calculé.	Intensité.
10,2 (1)	5,210	219	217	très forte
11,3 (1)	3,328	536	536	assez faible
10,0 (3)	3,226	570	570	
10,4 (1)	2,962	677	676	forte
10,2 / 13,1 (2)	2,605	875	869	assez faible
11,3 (2)	1,662	2150	2144	faible
10,4 / 33,5 (2)	1,482	2710	2705	assez faible

Diagramme de la substance C. — Ce spectrogramme ne montre que trois faibles raies d'interférences, dont la position et l'intensité diffèrent complètement de celles des diagrammes A et B. L'anisotropie est partiellement conservée, mais les anneaux sont flous (Tableau II).

(1) Nous ne citons ici que sept raies d'interférences bien que nous ayons constaté la bonne concordance de tous les autres anneaux avec l'équation quadratique de la forme hexagonale.

TABLEAU II. — P^2O^5 (C).

N°	Distance réticulaire.	$\sin^2 \delta \times 10^4$.	Intensité.
1	4,34	313	faible
2	2,93	693	faible
3	2,69	820	très faible

Conclusions. — La discussion des spectrogrammes X permet de constater : 1° que l'anhydride phosphorique commercial renferme en totalité, ou tout au moins dans sa plus grande partie [1], de l'anhydride cristallin, car la présence de la modification dénommée amorphe devrait être visible sur le diagramme A, si elle s'y trouvait en quantité considérable; 2° que la disparition partielle de la structure cristalline n'a lieu que pendant la sublimation. Cette évolution peut être attribuée au processus de la polymérisation.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Réalisation directe de la réaction permanganique du manganèse, même dans un milieu fortement chloruré tel que les eaux marines.* Note [2] de M. **Georges Denigès**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous désignons sous le nom de réaction permanganique du manganèse la réaction ou le groupe de réactions dans lesquelles on transforme l'ion manganèse en ion permanganique dont la richesse de teinte et le spectre cannelé, si spécifique, permettent de déceler, d'une manière certaine, de très faibles quantités de manganèse salifié.

Pour arriver à ce résultat, on utilise habituellement l'action oxydante des peroxydes de plomb ou de bismuth [3] ou, encore, celle du persulfate de potassium [4] en présence du nitrate d'argent comme catalyseur, en milieu fortement acide, généralement choisi azotique.

Nous montrerons ailleurs que, dans ces divers cas, l'emploi de l'acide sulfurique,

---

(1) L'intensité de diffraction de la substance appelée amorphe (C) étant assez faible, il n'est pas impossible qu'elle s'y trouve aussi en petites quantités.

(2) Séance du 28 décembre 1931.

(3) L. Schneider, *Monatsh. f. Ch.*, 9, 1888, p. 242.

(4) H. Marshall, *Ch. News*, 83, 1901, p. 76.

convenablement dilué est d'un usage bien plus avantageux que celui de l'acide azotique, pour réaliser la transformation cherchée.

Malgré cette modification, les réactifs oxydants indiqués ci-dessus restent absolument inopérants en présence des halogénures, notamment des chlorures qui, en milieu acide, fournissent du chlore libre destructeur de l'ion permanganique, et qui, en outre, dans le cas des persulfates, annihilent l'action du catalyseur argentique en l'insolubilisant.

Des recherches en cours, sur la présence possible du manganèse dans les eaux marines, nous ayant conduit à essayer de réaliser la précieuse réaction permanganique, même dans ces conditions si défavorables, nous sommes arrivé au résultat cherché en utilisant et réglementant la propriété que nous avons autrefois fait connaître [G. Denigès, *L'hypobromite de sodium réactif des sels de manganèse* (*Bulletin de la Soc. de Pharmacie de Bordeaux*, 1890, p. 144, et *Précis de Chimie analytique*, article Manganèse)], présentée par les ions BrO et ClO (surtout aidés par l'action catalytique de cuivre), de transformer, à chaud, Mn'' en MnO^4. Voici la technique que nous avons adoptée en prenant les hypochlorites comme réactifs : Mettre, dans un tube à essai, 10^{cm^3} de solution manganeuse, leur ajouter 1 goutte d'une solution de sulfate de cuivre (à 5 pour 100 de sel cristallisé par litre) et 1 goutte, seulement, d'extrait ou eau de Javel du commerce, à 10-12 degrés chlorométriques, quand la dose de manganèse de la prise d'essai n'excède pas $0^{mg},20$, 2 goutes quand cette quantité est plus élevée, en augmentant d'une goutte par chaque cinquième de milligramme de plus. On agite, puis on porte le mélange à l'ébullition, qu'on maintient durant 1 minute environ, puis on laisse refroidir et centrifuge pour séparer le précipité noir d'oxyde de cuivre formé. Le liquide clair, décanté, présente une coloration rosée encore perceptible avec 1 à 2^{mg} de Mn par litre du liquide essayé et montrant le spectre cannelé, caractéristique lorsqu'on l'examine sous une épaisseur convenable qui doit être de 7 à 8^{cm} dans ces cas limites.

Les mêmes résultats s'observent en présence de 100^{g} de chlorure de sodium, par litre, c'est-à-dire de 50000 à 100000 fois plus de chlorures qu'il peut y avoir de manganèse, ce qui, jusqu'à présent, n'avait pu être obtenu.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la déshydratation de l'hydroxyde cuivrique.* Note (¹) de MM. G. CHAMPETIER et U. V. THUAU, présentée par M. G. Urbain.

La déshydratation spontanée de l'hydroxyde cuivrique bleu donne un oxyde brun qui a été considéré comme un oxyde tétracuivrique $4CuO.H^2O$, intermédiaire entre l'hydroxyde cuivrique $Cu(OH)^2$ et l'oxyde cuivrique CuO.

Ainsi que l'ont montré A. A. Neville et C. T. Oswald (²), l'hydroxyde cuivrique fournit un diagramme de diffraction des rayons X distinct de celui de l'oxyde cuivrique anhydre, ce qui permet de différencier ces deux composés. Le présent travail a eu pour objet d'essayer de mettre en évidence l'existence de l'oxyde tétracuivrique en caractérisant ce corps par son diagramme de diffraction des rayons X.

A cet effet l'hydroxyde cuivrique bleu a été préparé par addition de soude en excès à une solution ammoniacale de sulfate de cuivre, puis lavé avec de l'eau glacée jusqu'à disparition complète de l'alcalinité et séché dans le vide, après lavages à l'alcool et à l'éther. Cet hydroxyde a ensuite été soumis à une déshydratation progressive par chauffage à l'étuve à 105° et sa transformation a été suivie à l'aide des diagrammes de rayons X de poudres de Debye-Scherrer. La déshydratation de l'hydroxyde cuivrique se traduit par un changement de teinte allant du bleu au brun noir foncé, en même temps que le diagramme de diffraction des rayons X évolue progressivement du diagramme de l'hydroxyde cuivrique à celui de l'oxyde cuivrique anhydre. A aucun moment il n'est possible de mettre en évidence un diagramme caractéristique d'un oxyde intermédiaire défini.

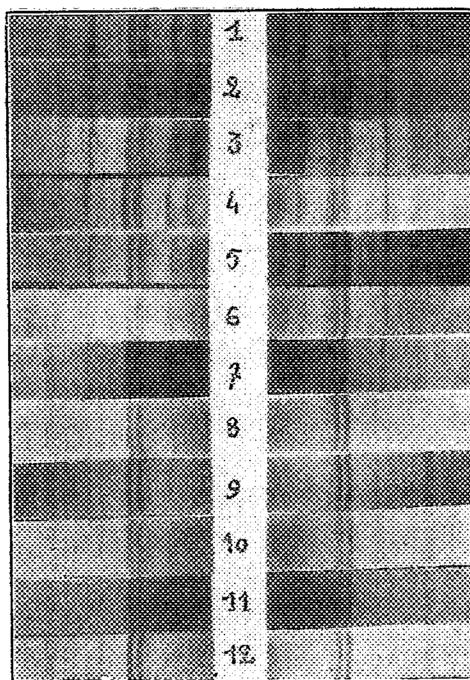
De même l'oxyde cuivrique brun, obtenu par déshydratation de l'hydroxyde cuivrique bleu au sein de l'eau chaude, ne donne pas un diagramme de diffraction des rayons X différent de celui de l'oxyde cuivrique anhydre. Que les diagrammes aient été effectués avec cet oxyde brun séché à l'air, ou simplement essoré, ils ne laissent apparaître que les raies caractéristiques de l'oxyde CuO.

La déshydratation de l'hydroxyde cuivrique $Cu(OH)^2$ donne donc directement de l'oxyde cuivrique CuO, sans passage par des stades intermédiaires; il est donc nécessaire de ne pas considérer l'oxyde brun comme une espèce chimique définie, mais plutôt comme de l'oxyde cuivrique CuO,

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

(²) A. A. NEVILLE et C. T. OSWALD, *Journal of Physical Chemistry*, 35, 1931, p. 60.

mélangé à de l'hydroxyde cuivrique ou retenant encore une certaine quantité d'eau adsorbée. La couleur brune des produits non complètement déshydratés n'est due qu'à leur état particulier de division. Il est d'ailleurs à remarquer, à ce sujet, que l'oxyde cuivrique anhydre présente un aspect et une teinte variant suivant son mode de préparation (calcination de



Diagrammes de rayons X d'hydroxyde cuivrique en cours de déshydratation (raies K_α et K_β du cuivre). 1, $Cu(OH)^2$; 12, CuO; les diagrammes 2 à 11 correspondent à des pertes de poids de l'hydroxyde cuivrique respectivement de 2,1 - 3,07 - 4,07 - 7,45 - 9,1 - 11,2 - 13,35 - 14,6 - 15 - 16,6 pour 100.

l'hydroxyde ou du nitrate cuivrique, oxydation directe du cuivre), mais fournit néanmoins le même diagramme de diffraction des rayons X.

Par contre les nitrate, chlorure et sulfate basiques de cuivre, obtenus par M. Sabatier (¹) en faisant réagir l'hydroxyde ou l'oxyde cuivrique sur les solutions correspondantes de sels cuivriques, paraissent avoir une existence propre. Chacun d'eux possède un diagramme de diffraction des rayons X caractéristique. Ce diagramme est le même, que le sel basique ait été préparé à partir de l'hydroxyde ou de l'oxyde cuivrique; il ne renferme pas, en outre, les raies caractéristiques de ces oxydes.

(¹) P. Sabatier, *Comptes rendus*, **125**, 1897, p. 101.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la cyanamide de lithium.* Note de MM. A. Perret et R. Perrot, présentée par M. G. Urbain.

Jusqu'ici les conditions de formation de ce composé n'ont pas été décrites. Cependant la *Nitrogen Company* le mentionne dans un brevet comme produit intermédiaire dans la formation du cyanure sous l'action de l'azote et de vapeurs d'hydrocarbures sur le lithium métallique à haute température (¹).

Pour parvenir à son obtention nous avons tout d'abord étudié l'action du cyanogène sur le lithium pur en l'absence d'oxygène. En suivant la marche de la réaction par la méthode manométrique on constate une absorption graduelle du cyanogène à partir de 175-180° C. Quand la température ne dépasse pas 250° et même maintenue 20 heures à cette valeur, le produit de réaction ne contient que du cyanure de lithium accompagné d'une quantité abondante de paracyanogène.

Par contre, si dans ces mêmes conditions, la température atteint 370° C., on parvient à un mélange de cyanure, cyanamide et paracyanogène présentant 21,9 pour 100 CN Li pour 11,7 pour 100 CN^2Li^2. A la température de 570° on obtient un mélange contenant 30,5 pour 100 CN Li pour 6,5 pour 100 CN^2Li^2. La répétition de ces essais conduisit toujours à l'obtention de mélanges présentant des compositions voisines de celles-ci, en présence d'un excès de cyanogène. Nous pouvons en conclure que l'action primaire du cyanogène sur le lithium conduit à la formation du cyanure, mais que ce dernier se décompose en cyanamide et carbone déjà vers 350°C.

L'action de l'acide cyanhydrique sur le lithium jusqu'à 570° C. conduit par contre à l'obtention du cyanure à l'exclusion de la cyanamide, pour autant que pendant toute la durée de la réaction la pression partielle de CNH dépasse 100^{mm} de Hg. Dans ces conditions le produit est coloré par les produits de polymérisation et de décomposition de l'acide cyanhydrique. En présence d'un excès de Li, par contre, en 25 heures, le produit de réaction contient 43,2 pour 100 CN^2Li^2 pour 35,8 pour 100 CNLi.

Par action de ce même gaz sur la lithine calcinée on parvient aux résultats suivants :

A 75° réaction vive : formation d'un produit résineux et noir ne contenant que du cyanure; à 135° même chose; à 350° produit noir et pulvérulent ne contenant que du

(¹) D. R. P. 261508 (1910).

cyanure; à 650° en courant de vapeur de CNH on obtient un produit presque blanc mais encore exempt de cyanamide.

En chauffant ces produits dans le vide à 650° pendant 20 heures on élimine les produits d'altération de CNH qui les enrobent et l'on parvient à des mélanges de cyanure et cyanamide pouvant contenir 58 pour 100 CNLi pour 18,8 pour 100 CN^2Li^2.

Ce résultat démontre que la décomposition de CNLi en cyanamide est empêchée par l'action carburante exercée par l'acide cyanhydrique ou par ses produits d'altération.

Nous avons vérifié en outre notre hypothèse sur l'origine de la formation de la cyanamide de Li par l'étude de l'influence de la température sur un mélange de cyanure de lithium pur et de lithine (teneur en CNLi = 30 pour 100).

Nous avons obtenu les résultats suivants :

Durée de chauffage : 2 heures et demie à 550° C. — CN^2Li^2, 16,1 pour 100; CNLi, 1.5 pour 100.

Durée de chauffage : 13 heures à 315° C. — CN^2Li^2, 2,25 pour 100.

La réaction classique de formation des cyanures alcalins par décomposition thermique des ferrocyanures, conduit également à la formation de la cyanamide de lithium si l'on porte le ferrocyanure de Li anhydre à la température de 700° C. dans le vide. Au-dessous de 500° C. par contre, ce sel se comporte exactement comme ceux de sodium et de potassium.

Les diverses réactions étudiées conduisant à la cyanamide de lithium montrent qu'elle est un produit de transformation du cyanure.

Cette propriété du cyanure de lithium est une nouvelle manifestation de l'analogie chimique du lithium avec les éléments alcalino-terreux et accuse une fois de plus sa séparation nette du sodium et du potassium dont les cyanures dans ces conditions ne conduisent jamais à la cyanamide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Absorption dans l'ultraviolet et réactivité chimique de certaines classes de composés organiques.* Note ([1]) de Mme RAMART-LUCAS et M. J. HOCH, présentée par M. G. Urbain.

L'étude de l'absorption de substances $C^6H^5.O.(CH^2)^n.R$ ($R = COOH$; $O.C^6H^5$) dans lesquelles le radical C^6H^5 est lié au reste de la molécule par

([1]) Séance du 21 décembre 1931.

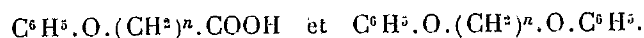
un atome d'oxygène, montre que le comportement optique des premiers termes de telles séries n'est pas le même que celui des premiers termes de séries où le radical C^6H^5 est lié directement à la chaîne carbonée comme $C^6H^5.(CH^2)^{n'}.R$ ($R = COOH$; C^6H^5).

Nous résumerons ici ce que nous avons observé pour l'absorption d'un certain nombre de termes des séries $C^6H^5.O.(CH^2)^n.COOH$ ($n = 1, 3, 4, 11$) et $C^6H^5.O.(CH^2)^n.O.C^6H^5$. ($n = 1, 2, 3, 5, 10$), et nous mettrons en évidence qu'à ces différences dans les propriétés optiques correspondent des différences dans certaines de leurs propriétés chimiques.

Rappelons que l'éthylbenzène possède deux bandes d'absorption principales; la plus proche du visible, en réalité formée par la superposition de plusieurs bandes fines, se trouve située entre 2780 et 2300 Å environ (bande A). La seconde présente une absorption continue et se prolonge dans l'ultraviolet (bande B).

Chaque terme des séries $C^6H^5.(CH^2)^{n'}.COOH$ et $C^6H^5.(CH^2)^{n'}.C^6H^5$ qui dérivent de l'éthylbenzène $C^6H^5.CH^2.CH^3$ par remplacement de CH^3 par $(CH^2)^{n-1}.CO^2H$ et par $(CH^2)^{n'-1}.C^6H^5$ possède également deux bandes principales A′ et B′ ayant sensiblement la même forme que A et B, mais dont les positions respectives varient suivant la distance qui sépare les chromophores sur la chaîne carbonée. Pour tous les termes, A et A′ occupent la même position et ont sensiblement la même intensité d'absorption; B′ subit par rapport à B un déplacement vers le visible d'autant plus important que les chromophores sont plus voisins ainsi qu'on peut le voir sur la figure 1 où sont représentées les courbes d'absorption [1] des trois premiers termes de la série $C^6H^5.(CH^2)^{n'}.COOH$. L'influence mutuelle des chromophores se traduit surtout par une augmentation de l'absorption dans la région du minimum compris entre les deux bandes principales.

Si dans les séries précédentes on remplace le groupe CH^2 fixé directement sur le noyau benzénique par un atome d'oxygène, on obtient des composés ayant respectivement les formules



$$C^6H^5.O.(CH^2)^n.COOH \quad \text{et} \quad C^6H^5.O.(CH^2)^n.O.C^6H^5.$$

Ces substances peuvent être considérées comme dérivant de l'anisol

(1) Les courbes ont été tracées en portant en ordonnée le logarithme du coefficient d'absorption défini par la relation $I = I_0 . 10^{-\varepsilon cd}$ et en abscisses les longueurs d'onde et les fréquences d'oscillation.

$C^6H^5.O.CH^3$ par remplacement de CH^3 par $(CH^2)^{n'}.COOH$, pour la première série, et par remplacement de CH^3 à deux molécules d'anisol par $(CH^2)^n$ pour la seconde série.

Ayant mesuré l'absorption d'un certain nombre de ces composés, nous avons observé des faits particulièrement intéressants. Chacune de ces substances possède, comme l'anisol, deux bandes d'absorption principales.

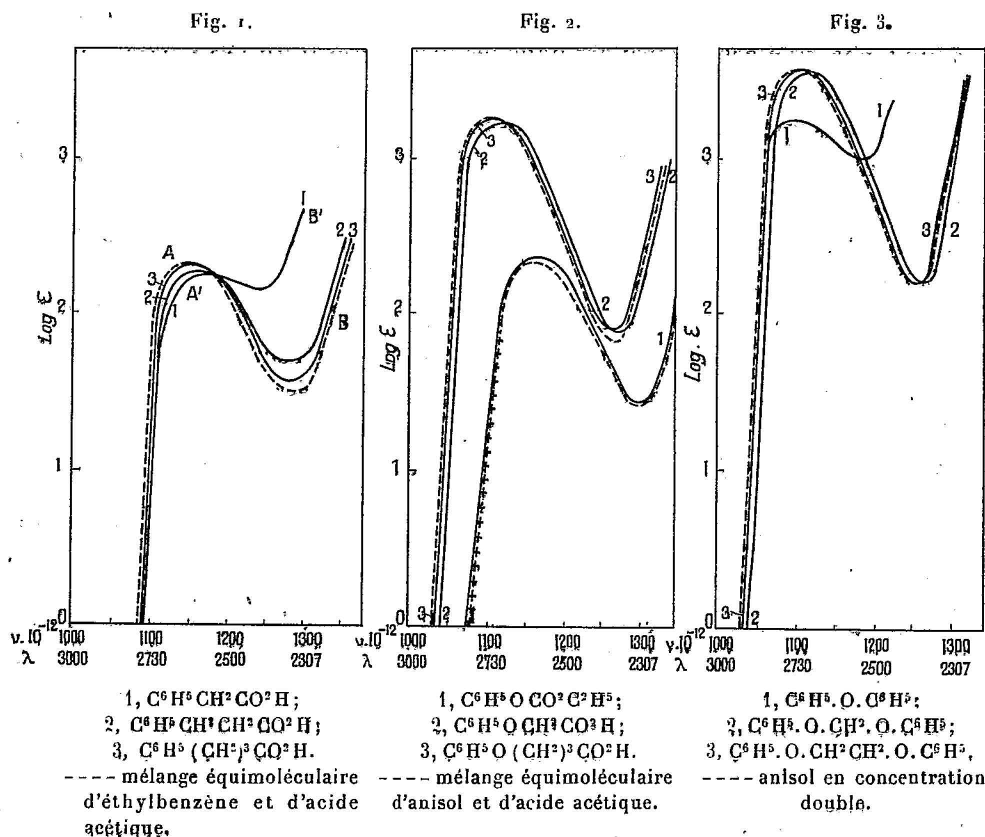


Fig. 1. — 1, $C^6H^5CH^2CO^2H$; 2, $C^6H^5CH^2CH^2CO^2H$; 3, $C^6H^5(CH^2)^3CO^2H$. ---- mélange équimoléculaire d'éthylbenzène et d'acide acétique.

Fig. 2. — 1, $C^6H^5OCO^2C^2H^5$; 2, $C^6H^5OCH^2CO^2H$; 3, $C^6H^5O(CH^2)^3CO^2H$. ---- mélange équimoléculaire d'anisol et d'acide acétique.

Fig. 3. — 1, $C^6H^5.O.C^6H^5$; 2, $C^6H^5.O.CH^2.O.C^6H^5$; 3, $C^6H^5.O.CH^2CH^2.O.C^6H^5$. ---- anisol en concentration double.

Lorsque n est supérieur à 1, ces bandes se confondent pour la première série avec celles de l'anisol, et pour la seconde avec celle de l'anisol en concentration double. Si n est égal à 1, on observe un faible déplacement des bandes vers l'ultraviolet et une légère diminution de l'intensité d'absorption (voir les figures).

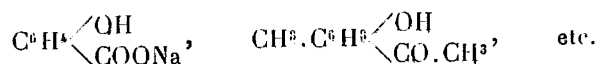
Signalons que la courbe d'absorption (¹) du carbonate d'éthyle et de

(¹) Expériences inédites de l'un de nous avec M. Segal.

phényle (l'acide phénolcarbonique ne peut être isolé), terme de la première série pour lequel $n = 0$, se superpose à celle de l'éthylbenzène (voir la figure 2).

Ainsi, lorsque les chromophores C^6H^5, COOH *sont liés directement par une chaîne carbonée* [$C^6H^5.(CH^2)^{n'}.COOH$; $C^6H^5.(CH^2)^{n'}.C^6H^5$], *leur influence mutuelle se traduit dans l'ensemble par une augmentation de l'absorption; mais si* C^6H^5 *est uni au reste de la molécule par un atome d'oxygène, l'influence mutuelle des chromophores se traduit dans tous les cas par une diminution de l'absorption.*

A ces différences dans le comportement optique correspondent, pour ces deux classes de composés, des différences importantes dans leurs propriétés chimiques et en particulier dans la stabilité de leur édifice moléculaire. On sait en effet que $C^6H^5.O.CO^2Na$; $CH^3.C^6H^4.O.CO^2.CH^3$; $C^6H^5.O.SO^3H$; $C^6H^5.O.CH^2CH = CH^2$, ... subissent, sous l'influence de la chaleur ou de catalyseurs, une transposition intramoléculaire : le radical R permute avec un atome d'H du noyau et il se forme des phénols substitués. Ce sont, pour les premiers exemples cités :



Rappelons aussi que la facilité avec laquelle se forment certains produits de cyclisation est également très différente pour ces deux classes de composés : alors que $C^6H^5.CH^2.CH^2.COCl$ en milieu benzénique et en présence de $AlCl^3$ donne de l'indanone avec 90 pour 100 de rendements $C^6H^5.O.CH^2.COCl$ dans les mêmes conditions donne au plus 15 pour 100 de produit de cyclisation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxydes organiques dissociables : Corps présentant l'oxydabilité réversible en solutions aqueuses.* Note (1) de MM. **Charles Dufraisse** et **Nicolas Drisch**, présentée par M. M. Delépine.

L'insolubilité complète dans les milieux aqueux du rubrène et de ses dérivés préparés jusqu'ici est un obstacle à leur expérimentation physiologique. Aussi avons-nous cherché à obtenir des corps solubles dans l'eau

(1) Séance du 21 décembre 1931.

qui soient doués de l'oxydabilité réversible, et, à cet effet, nous avons songé à fixer des carboxyles sur la molécule du rubrène.

a. Le dibromorubrène (¹) a été transformé par l'action du magnésium en un dimagnésien, qui a été traité par l'anhydride carbonique :



$$C^{42}H^{26}Br^{2} \xrightarrow[+2Mg]{} C^{42}H^{26}(MgBr)^{2} \xrightarrow[+2CO^{2}]{} C^{42}H^{26}(CO^{2}H)^{2}.$$

Ces opérations sont classiques, mais leur exécution pratique a exigé de longues mises au point. Le dimagnésien surtout a été particulièrement difficile à obtenir : il l'est encore, même à l'heure actuelle, puisque, dans notre technique définitive, nous n'avons pas réussi à éviter une agitation à froid durant plusieurs semaines.

Le diacide, l'acide rubrènedicarbonique, $C^{42}H^{26}(CO^{2}H)^{2}$, auquel on aboutit, est une belle matière cristallisée, rouge vif, peu soluble ou insoluble dans les solvants organiques sauf l'alcool, l'éther et surtout la méthyléthylcétone : ses sels alcalins ou aminés sont solubles dans l'eau ou mieux dans l'eau alcoolisée.

Les solutions d'acide libre et de ses sels présentent toutes les particularités qui caractérisent les solutions des corps appartenant à la famille du rubrène, c'est-à-dire coloration rose, fluorescence intense, spectre d'absorption à trois bandes (voir la figure) et surtout décoloration à l'air en présence de lumière, avec formation de l'oxyde dissociable de formule générique RO^{2} (où R représente une molécule d'un rubrène). La dissociation des oxydes a fait l'objet d'une étude spéciale.

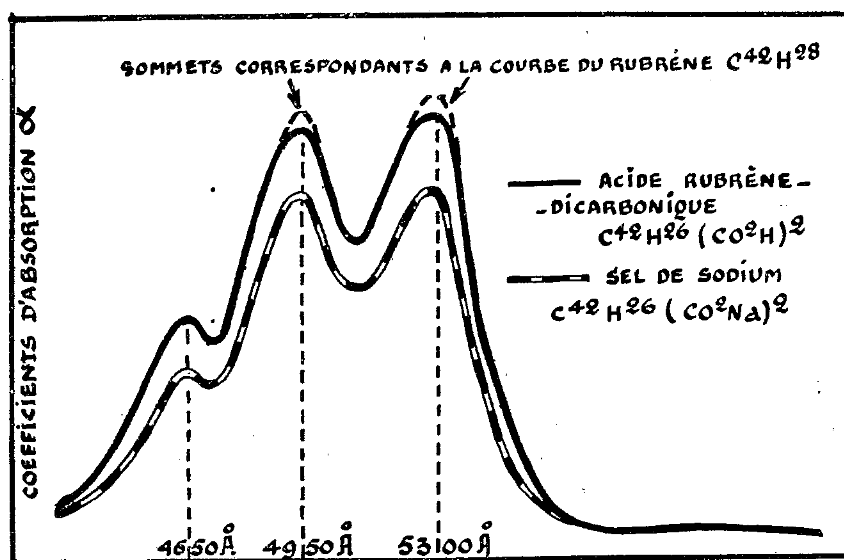
b. Dissociation à sec de l'oxyde de l'acide libre : $C^{44}H^{28}O^{4}(O^{2})+H^{2}O$. — Poids de matière : $0^{g},2697$; volume du gaz dégagé : 6^{cm^3}; solvant recueilli : $0^{g},009$; résidu : $0^{g},2490$. Analyse du gaz : volume à 21° lu sur le mercure : 6^{cm^3}; volume à 21° après addition d'eau : $6^{cm^3},10$; volume après addition de potasse : $5^{cm^3},75$; volume après addition d'hydrosulfite : $0^{cm^3},15$. Le gaz recueilli par chauffage est donc formé d'oxygène dans la proportion de 94,3 pour 100. L'oxygène libéré par dissociation, soit $0^{g},0075$, représente 58,6 pour 100 de la quantité théoriquement attendue.

c. Dissociation à sec de l'oxyde, $C^{44}H^{26}O^{4}Na^{2}[O^{2}]+1,5\,C^{2}H^{5}OH$, *du sel de sodium préparé par salification de l'oxyde de l'acide en milieu hydroalcoolique.* — Poids de matière : $0^{g},3162$; volume du gaz dégagé : $5^{cm^3},75$; solvant recueilli : $0^{g},0320$; résidu : $0^{g},2730$. Analyse du gaz : volume à 16° lu sur

---

(¹) Ch. Dufraisse et N. Drisch, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 619.

le mercure : $5^{cm^3},75$; volume à 16° après addition d'eau : $5^{cm^3},70$; volume après addition de potasse : $5^{cm^3},35$; volume après addition d'hydrosulfite : $0^{cm^3},05$. Le gaz recueilli par chauffage est donc formé d'oxygène dans la proportion de 92,2 pour 100. L'oxygène libéré par dissociation, soit $0^{g},0072$, représente 54,5 pour 100 de la quantité théoriquement attendue.



Courbes d'absorption de l'acide rubrènedicarbonique et de son sel de sodium.

d. Dissociation à sec de l'oxyde, $C^{44}H^{26}O^{4}Na^{2}[O^{2}] + 1,5\, C^{2}H^{5}OH$, *du sel de sodium préparé par autoxydation en liqueur hydroalcoolique du sel de l'acide.* — Poids de matière : $0^{g},2950$; volume du gaz dégagé : $5^{cm^3},70$; solvant recueilli : $0^{g},0291$; résidu : $0^{g},2552$. Analyse du gaz : volume à 18° lu sur le mercure : $5^{cm^3},70$; volume après addition de potasse : $5^{cm^3},40$; volume après addition d'hydrosulfite : $0^{cm^3},04$. Le gaz recueilli après décomposition est donc formé d'oxygène dans la proportion de 94 pour 100. L'oxygène libéré par dissociation, soit $0^{g},00716$, représente 58,2 pour 100 de la quantité théoriquement calculée.

e. Dissociation en solution aqueuse à la température ordinaire de l'oxyde du sel de sodium. — On sait que le rubrène absorbe l'oxygène de manière réversible à la température ordinaire : les solutions sont décolorées par la lumière si la pression de l'oxygène est supérieure à une valeur déterminée, en dessous de laquelle, au contraire, l'irradiation fait réapparaître la couleur des solutions préalablement décolorées.

Disposant maintenant de solutions aqueuses d'un corps de la famille du rubrène, nous n'avons pas manqué de vérifier que cette propriété capitale apparaissait au sein de l'eau comme solvant, c'est-à-dire dans le milieu répondant aux conditions des essais physiologiques en projet.

Une solution aqueuse d'oxyde incolore du sel de sodium a été enfermée dans un ballon d'où l'on a ensuite rigoureusement chassé l'air, avant de le sceller. Par exposition à la lumière solaire, la liqueur ne tarde pas à révéler la présence du sel réduit (coloration, fluorescence, bande d'absorption) : un dosage par voie spectrophotométrique a montré que, dans les conditions de l'un de ces essais, 1/500e environ de l'oxyde s'était dissocié.

f. Malgré ces résultats favorables, le but n'est pas encore atteint, car les solubilités sont trop faibles : ceci tient à ce que les fonctions solubilisantes, les carboxyles, sont en nombre trop faibles pour une trop grosse molécule. Sans doute les sels alcalins de la forme oxydée seraient assez solubles : ils donnent des solutions qui moussent comme des eaux savonneuses. Mais les sels de la forme réduite ne se dissolvent qu'en faibles proportions, et de plus les liqueurs ainsi préparées sont instables : une trace d'électrolytes, la simple exposition à l'atmosphère du laboratoire suffisent à amener la précipitation.

Nos résultats ne nous conduisent donc qu'à une première étape vers l'objectif final. Toutefois, ils ont déjà servi à fixer un point essentiel pour la suite du travail : l'oxydabilité réversible des rubrènes peut, tout comme celle de l'hémoglobine, se manifester dans un milieu aqueux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la désulfhydratation potassique de quelques mercaptans arylaliphatiques*. Note [1] de MM. **L. Palfray**, **S. Sabetay** et Mlle **Denise Sontag**, présentée par M. M. Delépine.

La déshydratation potassique du reste éthylol primaire, fixé au noyau benzénique, découverte par l'un de nous [2], n'est pas un fait isolé. Elle peut être rattachée à la facilité de déshydratation des corps hydroxylés possédant un groupement méthylénique compris entre deux restes, dont l'un serait faiblement électronégatif (fonction alcool) et l'autre, en revanche, fortement électronégatif (CO, COOH, etc.) [3]. Mais si l'in-

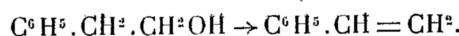
---

(1) Séance du 28 décembre 1931.

(2) S. Sabetay, *Bull. Soc. chim.*, 45, 1929, p. 69.

(3) En tenant compte de la décroissance d'*acidité* de l'oxhydryle primaire au tertiaire.

fluence combinée d'un groupe alcool secondaire et d'un carbonyle, ou d'un groupe alcool primaire ou secondaire et d'un carboxyle est suffisante pour activer un reste méthylène (déshydratation facile des aldols, cétols, acide hydracrylique, acide β-oxybutyrique, etc.), il n'en est plus de même pour le couple phényle-alcool. Dans ce cas, seule la fonction alcool primaire est capable d'imposer au reste $-CH^2-$ la mobilité nécessaire qui se traduit par une déshydratation potassique facile :



$$C^6H^5.CH^2.CH^2OH \rightarrow C^6H^5.CH = CH^2.$$

Sans doute l'isomère secondaire $C^6H^5.CHOH.CH^3$ peut être déshydraté par d'autres agents et l'effet final reste le même, mais le mécanisme est tout autre. Les déshydratations sulfurique, phosphorique, bisulfitique ne consistent pas en un simple enlèvement de H^2O. Il se fait des éthers intermédiaires qui se décomposent ultérieurement. Et de fait $C^6H^5.CH^2.CH^2OH$ se déshydrate facilement par KOH, mais non par SO^4H^2, SO^4KH, PO^4H^3, etc. C'est juste l'inverse pour $C^6H^5.CHOH.CH^3$.

L'analogie entre S et O laissait prévoir que certains thiols se comporteraient comme les alcools correspondants et cela, *a fortiori*, puisqu'un reste $-CH^2SH$ est plus acide que $-CH^2OH$. Dans $C^6H^5.CH^2.CH^2SH$, le groupe CH^2 en α doit être plus acide que dans $C^6H^5.CH^2.CH^2OH$ et il est permis de penser que ses deux H seraient remplaçables par Na.

Les mercaptans phényléthyliques primaire et secondaire ont déjà été préparés par des procédés un peu compliqués, à savoir : le secondaire par Zn en poudre sur le disulfure secondaire correspondant en milieu acétique (¹), le primaire par l'intermédiaire du [β-phényléthyl]-dithiouréthane qu'on chauffe sous pression réduite ou en présence de NaOH (²). Le mercaptan homologue $C^6H^5.CH^2.CH^2.CH^2SH$ a été obtenu de même à partir de l'uréthane homologue (³).

Nous avons simplifié la préparation en mettant au point la réaction classique $C^6H^5.CH^2X + SHK \rightarrow C^6H^5.CH^2SH + XK$.

Une solution alcoolique concentrée de 27ᵍ KOH est saturée par SH^2. On y fait tomber goutte à goutte 61ᵍ de bromo-1-phényl-2-éthane (bromure β-phényléthylique) et solubilise à la fin par un peu d'alcool. On chauffe sur bain-marie pendant 3 heures. Des cristaux de BrK se déposent; on étend d'eau, décante et épuise à l'éther. La

(¹) E. Baumann et E. Fromm, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 28, 1895, p. 910.

(²) J. v. Braun, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 45, 1912, p. 1564.

(³) J. v. Braun, *ibid.*, p. 1566.

portion éthérée est lavée à NaOH à 36° Bé, le mercaptan est fixé et le bromure inaltéré est séparé. Par ClH on remet en liberté le mercaptan, épuise de nouveau, sèche et distille $E_{15} = 96\text{-}98°$, $d_4^{18} = 1{,}032$, $R^t = 80$ pour 100 de la théorie.

La même technique nous a fourni le phényl-1-éthanethiol-1 (α-phénylmercaptan) : $E_{14} = 83\text{-}84°$ (1), $d_4^{18} = 1{,}039$, $n_D^{20} = 1{,}5634$, $R^t = 84$ pour 100 et aussi le phényl-3-propanethiol (γ-phénylpropylmercaptan) : $E_{23} = 120\text{-}122°$, $d_4^{17} = 1{,}010$, $n_D^{19} = 1{,}5492$.

Les mercaptans sont tous des liquides réfringents, insolubles dans l'eau, à odeur désagréable, s'imprégnant dans l'épiderme de façon extrêmement tenace. Leur toxicité se manifeste spécialement par des maux de tête et l'atonie de l'estomac (2).

La *désulfhydratation* des mercaptans a été effectuée en chauffant à 200-230° (bain d'huile) 1^{mol} de mercaptan avec 2^{mol} KOH pulvérisé. Le mercaptide étant formé, on chauffe doucement à feu nu, faisant à la fin un vide partiel. Le distillat est formé d'eau et de carbure non saturé.

Comme il était à prévoir, c'est le β-mercaptan qui se désulfhydrate le plus facilement. Il donne du styrolène avec un R^t de 53 pour 100. Pour les deux autres, la quantité de carbure non saturé est beaucoup plus faible.

A côté de cette réaction de désulfhydratation, il se fait des réactions secondaires, disulfures à point d'ébullition très élevé, acide benzoïque, que nous n'avons pas déterminés quantitativement.

En résumé *les mercaptans primaires, en position β par rapport au reste phényle, se désulfhydratent par la potasse beaucoup plus facilement que les autres mercaptans arylaliphatiques.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'α-glycérophosphate de sodium cristallisé* Note (3) de MM. **Charpentier** et **Bocquet**, présentée par M. M. Delépine.

Le glycérophosphate de sodium a passé, au début, pour si difficilement cristallisable que le Codex de 1908 ne l'avait adopté que sous forme de

---

(1) Baumann et Fromm (*loc. cit.*) impriment 119°-200°, nombres devenus dans *Beilstein*, 4e édition, 119°-120°, ce qui est manifestement erroné et doit se lire sans aucun doute 199°-200°.

(2) Comparer avec les remarques analogues de v. Braun (*loc. cit.*) p. 1567.

(3) Séance du 28 décembre 1931.

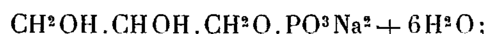
solution à 50 pour 100. Ce fut seulement lorsque leur préparation en a été suffisamment amélioré (¹) que l'on introduisit dans le formulaire officiel le glycérophosphate de sodium cristallisé.

L'éthérification de la glycérine pouvant donner deux acides glycérophosphoriques α et β, selon que l'éthérification porte sur la fonction alcool primaire ou sur la fonction alcool secondaire, la constitution de ce glycérophosphate cristallisé restait indéterminée. Parmi les travaux importants qui ont élucidé la question, il faut signaler ceux de King et Pyman (²) puis ceux de Grimbert et Bailly (³) qui établirent que le sel en question était le sel de sodium de l'éther β.

Le sel α a été préparé synthéthiquement et par des procédés différents par King et Pyman et par Bailly (⁴). Ces auteurs sont d'accord pour le décrire comme un produit cristallisé anhydre, extrêmement hygroscopique, qui, exposé à l'air, absorbe très rapidement l'humidité et tombe aussitôt en sirop. Bailly a montré que les eaux mères de la préparation du sel β cristallisé contiennent du sel α (⁴). Ces eaux mères convenablement concentrées sont utilisées commercialement sous forme de solutions sirupeuses à 40-50 pour 100 qui passaient jusqu'ici pour être incristallisables.

Or, il se trouve qu'elles cristallisent fort bien. En essorant pour éliminer les eaux mères et en faisant recristalliser les cristaux dans très peu d'eau, on obtient le nouveau sel.

Il est nettement différent du sel β; il cristallise sous forme de masses dures, en octaèdres maclés. C'est un glycérophosphate hydraté



$$CH^2OH.CHOH.CH^2O.PO^3Na^2 + 6H^2O;$$

il est très soluble puisque 100^g de solution à 22° contiennent 38^g de sel anhydre, soit 57^g de sel hexahydraté. Exposé à l'air, il ne change rigoureusement pas de poids, il n'est ni déliquescent, ni efflorescent.

Cette constatation, si opposée à celle de King et Pyman et de Bailly, aurait presque pu faire douter que ce nouveau sel fût le sel de sodium α. Nous nous sommes attachés à demontrer qu'il en est bien ainsi.

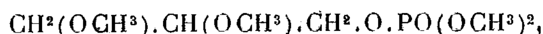
Pour identifier la position α de ce produit nous avons d'abord reproduit

---

(¹) POULENC frères, Brevet français 373112, 1906.
(²) KING et PYMAN, *J. Chem. Soc.*, 105, 1914, p. 1238.
(³) GRIMBERT et BAILLY, *Comptes rendus*, 160, 1915, p. 207.
(⁴) BAILLY, *Ann. de Chimie*, 9ᵉ série, 6, 1916, p. 96.

les réactions colorées de Grimbert et Bailly. Elles ont toutes été fortement positives.

Puis nous avons cherché à dédoubler en isomères optiques ce produit qui a un carbone asymétrique. Nous avons reproduit les expériences de Karrer et ses collaborateurs qui avaient obtenu des dérivés actifs en partant d'un glycérophosphate préparé par l'éthérification de l'acétone-glycérine. Karrer et Benz (*Helvetica Chim. Acta*, 9e série, 1926, p. 23 et 598) par cristallisation du sel de quinine de ce glycérophosphate, suivie d'une décomposition à la baryte, ont obtenu un sel de baryum qui, examiné au polarimètre en solution à 2 pour 100, s'est montré inactif, mais qui, transformé en dérivé tétraméthylé



$$CH^2(OCH^3).CH(OCH^3).CH^2.O.PO(OCH^3)^2,$$

a donné un dérivé actif de pouvoir rotatoire $-1^\circ,76$. Nous avons reproduit ces expériences avec notre produit et obtenu sensiblement les mêmes résultats, y compris l'inactivité du sel de baryum. Puis nous avons saponifié le dérivé tétraméthylé et obtenu le sel de sodium du glycérophosphate diméthylé correspondant qui a un pouvoir rotatoire dextrogyre. Ce changement est le même que celui que Karrer et Salomon (*Helvetica Chim. Acta*, 9e série, 1926, p. 3) avaient observé avec un glycérophosphate actif de la lécithine.

Karrer et Benz avaient encore dédoublé leur glycérophosphate α par la strychnine (*loc. cit.*). Plus heureux que ces auteurs, nous avons pu obtenir un glycérophosphate alcalin actif. Par traitement du sel acide de strychnine recristallisé par la quantité calculée d'iodure de lithium en solution très concentrée, séparation de l'iodhydrate de strychnine peu soluble et élimination de toute trace d'alcaloïde au chloroforme, nous avons obtenu une solution de glycérophosphate acide de lithium à 30 pour 100 qui donnait au tube de 20^{cm} une déviation de $-20'$, d'où un pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -0^\circ,5$. Par neutralisation en présence de phtaléine, le pouvoir rotatoire devint $[\alpha]_D = -1^\circ,5$. Nous avons ensuite transformé, selon Karrer et Benz, ce produit en dérivé tétraméthylé qui avait un pouvoir spécifique de $+5^\circ,1$. Saponifié par deux molécules de lessive de soude, le sel alcalin diméthylé obtenu avait un pouvoir spécifique de $-7^\circ,2$.

Ajoutons que nous avons fait ici des lectures de 4° et 5° qui imposent la certitude des résultats. Nous avons ainsi ajouté le chaînon qui manquait aux recherches faites jusqu'ici et nous pouvons avec le sel de strychnine avoir la filiation : sel de strychnine moins soluble → glycérophosphate :

lévogyre → éther tétraméthylé : dextrogyre → sel de sodium de l'éther diméthylé : lévogyre.

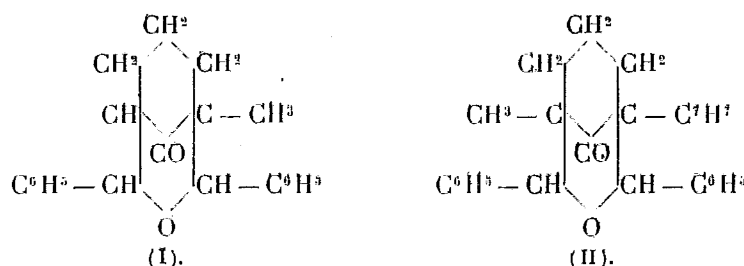
Les grandeurs trouvées ne sont évidemment que des minima, puisque Abderhalden et Eichwald [1] ont décrit des sels de lithium issus de bromhydrines actives, encore plus fortement actifs.

Notre nouveau glycérophosphate cristallisé est donc bien le dérivé α; il a fallu des années, pendant lesquelles des tonnes de glycérophosphate de sodium α liquide furent manipulées, pour les voir un jour cristalliser sous forme d'un hydrate stable défini. Signalons enfin que du glycérophosphate synthétique issu du phosphate d'allyle, amorcé avec les cristaux, a donné un produit de même nature.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Constitution des combinaisons dites tétrahydropyroniques*. Note de MM. **R. Cornubert** et **P. Robinet**, présentée par M. Delépine.

L'un de nous a essayé [2] d'apporter une contribution à l'étude de la constitution des combinaisons dites tétrahydropyroniques obtenues en combinant une molécule de diverses alcoyl- ou arylcyclanones et deux molécules d'aldéhyde benzoïque sous l'influence de l'acide chlorhydrique avec élimination d'une molécule d'eau. Il a été ainsi établi que les points d'attache des restes benzaldéhydiques sont en toute probabilité en α et α' par rapport au carbonyle (I). Dans le présent travail, nous allons démontrer que ces corps ont effectivement la constitution qui leur avait été attribuée.

Notre étude a porté sur la combinaison tétrahydropyronique la plus accessible, celle de l'α-méthylcyclohexanone, de formule (I).



(1) Abderhalden et Eichwald, *B.*, 51, 1918, p. 1308.
(2) L. Cornubert, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 308.

Pour déterminer la constitution de cette dernière, nous avons cherché : 1° à déceler le groupe carbonyle; 2° à caractériser l'oxygène pyronique; 3° à dégrader la molécule; enfin, 4° nous avons fait agir divers réactifs.

1° Le carbonyle a été facilement mis en évidence par l'oxime F : 224-226° (corr.) et par la réduction en alcool secondaire F : 127-128° par action du sodium et de l'alcool absolu;

2° L'oxygène oxydique n'a pu être révélé par les réactions classiques des pyrones (actions de l'ammoniaque et de l'aniline); d'après des expériences qui se poursuivent, ces réactifs agissent sur des tétrahydropyrones plus simples.

3° La dégradation permanganique a été réalisée d'abord en milieux aqueux, puis en milieu acétonique; l'ensemble de ces deux oxydations a permis de trouver les acides benzoïque, carbonique, γ-acétobutyvique ainsi que deux produits de dégradation de ce dernier, les acides acétique et oxalique, enfin un peu d'un produit neutre F : 145-146° qui paraît répondre à la formule $C^{21}H^{22}O^{3}$. L'oxydation ne se poursuit que péniblement; l'oxydant sert en grande partie à dégrader l'acide γ-acétobutyvique dont on ne retrouve plus que de petites quantités et ceci seulement dans le cas de l'oxydation acétonique;

4° Les réactifs que nous avons fait agir ont été la potasse alcoolique et l'acide chlorhydrique.

La potasse éthylique à 20 pour 100 a engendré, parmi des résines, l'alcool déjà décrit F : 127-128°; une solution à 20 pour 100 de potasse dans l'alcool isobutylique a donné le même alcool, mais sans production de résines.

L'acide chlorhydrique en solution dans l'acétique cristallisable, en tube scellé à 160-180°, a fourni un liquide chloré bouillant à 230-250° sous 15^{mm}. Par contre, l'acide chlorhydrique aqueux, par chauffage en tube scellé à 125-135°, a engendré une grande quantité de benzaldéhyde; il n'a pu être décelé d'α-méthylcyclohexanone, mais il a été trouvé des produits de points d'ébullition plus ou moins élevés dans lesquels nous n'avons pu caractériser la combinaison benzylidénique de cette cétone, mais seulement une petite quantité de matière première inaltérée.

Nous avons pensé que ces produits supérieurs devaient être des produits de condensation de l'α-méthylcyclohexanone sur elle-même; aussi avons-nous recommencé cette expérience en prenant la combinaison tétrahydropyvonique d'α-méthyl-α'-benzylcyclohexanone II. Cette dernière (F : 191°), par chauffage en tube scellé avec une solution aqueuse d'acide chlorhydrique

à 155-160°, a fourni l'aldéhyde benzoïque et la cétone génératrice; une partie de la tétrahydropyronique a été retrouvée inaltérée; elle a fondu à 191° ainsi que celle qui a été produite par la cétone régénérée. Nous montrerons dans une prochaine Note que la combinaison tétrahydropyronique d'$\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanone peut, de la même façon, être hydrolysée en ses constituants.

En résumé 1° les combinaisons dites tétrahydropyroniques ont effectivement cette structure. 2° On peut repasser de ces corps aux cétones symétriques génératrices en chauffant sous pression avec de l'acide chlorhydrique aqueux; et comme on peut aussi faire retour des combinaisons benzylidéniques aux cétones dissymétriques qui leur donnent naissance, mais alors sous l'influence de la potasse éthylique, il y a possibilité, non seulement de séparer par l'aldéhyde benzoïque les deux constituants formés par alcoylation des α-alcoylcyclohexanones, mais encore d'atteindre chaque constituant à l'état de pureté. 3° Les combinaisons tétrahydropyroniques obtenues par nous avec les cyclanones sont donc des systèmes bicycliques.

MINÉRALOGIE. — *Cristaux produits par solidification d'une substance fondue contenant en dissolution des matières colorantes.* Note de M. **Paul Gaubert.**

Un corps fondu contenant des matières étrangères en dissolution rejette ces dernières quand il passe à l'état cristallin. Il y a cependant des exceptions et j'en ai déjà étudié quelques-unes ([1]).

Mais si la substance peut être surfondue et si elle devient visqueuse par refroidissement, les matières étrangères ne sont pas rejetées; leurs molécules, dépourvues de mobilité dans le milieu pâteux, ne peuvent se grouper et s'orienter pour former des cristaux si petits qu'ils soient, elles sont pour ainsi dire incorporées de force dans les cristaux en voie de formation du solvant.

Pour suivre la cristallisation, je me suis adressé à des corps organiques facilement fusibles, pouvant être surfondus (vanilline, érythrite inactive, codéine, terpine, etc.) et polymorphes afin de voir comment se comportent les différentes modifications avec diverses matières colorantes (sulfate de rosaniline, purpurine, rhodamine, acides picrique et picramique,

---

([1]) P. Gaubert, *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 1299,

bleus de méthylène, de toluidine, d'aniline, d'indophénol, violets hexaméthylé, de gentiane, cyanine, etc.). Une quantité de ces dernières allant de 1 à 20 pour 100 a été ajoutée à 1^g de la substance incolore qui a été chauffée assez longtemps pour que l'homogénéité du mélange soit parfaite. Naturellement, les cristaux pouvant être très colorés, la cristallisation du mélange doit se faire sur une lame de verre recouverte d'un couvre-objet, qui doit même être fortement pressé afin que la préparation riche en matières colorantes soit assez mince pour être transparente.

Il est ainsi facile de voir sous quelle forme se trouvent les matières colorantes dans le cristal. Avec les substances citées plus haut, si la cristallisation a lieu au voisinage du point de fusion, les cristaux sont incolores, mais si ces derniers se produisent à froid, ils sont colorés, tout à fait homogènes, polychroïques. L'intensité du polychroïsme dépend de la biréfringence du cristal coloré; le maximum d'absorption de la lumière a lieu habituellement suivant la direction du plus grand indice de réfraction n_g (loi de Babinet). Soumis à l'influence des rayons ultraviolets, les cristaux colorés peuvent devenir fluorescents. En somme, ils présentent les caractères de ceux obtenus d'une eau mère contenant des couleurs d'aniline (nitrate et oxalate d'urée, acide phtalique, etc.). Il s'agit donc d'une solution solide. Cependant les cristaux colorés obtenus par solidification d'un corps fondu sont moins stables que ceux produits aux dépens d'une eau mère. Sous l'influence de la chaleur, la matière colorante peut se séparer.

La matière colorante donne aux diverses modifications polymorphiques des teintes particulières pouvant les mettre facilement en évidence, même lorsqu'elles sont en très faible quantité. Ainsi, la cinquième modification de la vanilline (ε) que je n'ai pas signalée en étudiant le polymorphisme de cette substance ([1]), prend une belle teine rose avec le bleu d'indophénol. Elle ne se produit qu'à la température ordinaire, est stable au contact de α, mais se transforme sous l'influence de la chaleur.

Les matières étrangères agissent d'une manière inégale sur la vitesse d'accroissement des diverses modifications cristallines d'une même substance à une température déterminée. Ainsi à 20°, elles diminuent moins celle de forme γ de la vanilline que celle des formes α et β, aussi elles favorisent ainsi le développement de la première, au détriment des autres. L'addition de $\frac{2}{100}$ de matières colorantes m'a fourni les nombres suivants donnant les vitesses v et v' des formes α et γ de la vanilline. La colonne I se

---

([1]) P. Gaubert, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1415.

rapporte à la vanilline pure et les autres à cette même substance additionnée de matières colorantes : II, violet hexaméthylé; III, sulfate de rosaniline; IV, bleu de toluidine; V, cyanine; VI, vert malachite.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	μ	μ	μ	μ	μ	μ
$\rho(\alpha)$	10,5	4,5	4,3	6,14	6	6,9
$\rho'(\beta)$	1,5	0,9	0,84	0,95	1,2	1,3
ρ/ρ'	7	5	5,1	6,4	5,6	5,3

Le rapport ρ/ρ' diminue encore quand la proportion des matières étrangères augmente.

Les matières colorantes agissent aussi sur le pas de l'hélice des sphérolites à enroulement hélicoïdal, mais pas toujours. Souvent elles le diminuent à mesure que leur quantité s'élève, mais seulement jusqu'à une certaine limite. Le fait est mis facilement en évidence avec l'érythrite et l'hélénine. Les sphérolites de cette dernière substance présentent deux modes d'enroulement, l'un autour de n_m et l'autre autour de n_g. Les matières étrangères favorisent le développement d'un de ces deux modes plutôt que l'autre.

La vitesse de transformation des formes cristallines instables en modifications stables est ralentie par la présence des matières étrangères dans les cristaux. Ainsi la forme γ de la vanilline, instable au contact de α, passe à cette dernière forme avec une vitesse linéaire de transformation, mesurée sur une préparation très mince, de $0^{\mu},6$ par seconde vers 20°. La présence de matières étrangères diminue cette vitesse Avec seulement $\frac{1}{50}$ de violet hexaméthylé, elle tombe à $0^{\mu},18$ et avec $\frac{20}{100}$ la transformation est tout à fait ralentie, elle est à peine visible au microscope.

Avec l'érythrite on a des résultats du même ordre. La forme instable à enroulement hélicoïdal passe à la modification stable avec une vitesse de 10^{μ} par seconde à 25°. Avec 7 pour 100 de vert malachite (oxalate), la vitesse n'est plus que $0^{\mu},2$. Une addition plus forte de cette matière colorante, qui diminue aussi le pas de l'hélice de l'enroulement, la transformation est complètement arrêtée et la forme est ainsi stabilisée.

GÉOLOGIE. — *Observations sur la série nummulitique prérifaine et rifaine méridionale : niveaux transgressifs et décollements.* Note [1] de M. **Jean Lacoste**, présentée par M. Ch. Jacob.

Dans la série nummulitique des régions rifaines méridionales (M. Bou Chta), j'ai pu reconnaître la présence de deux niveaux transgressifs. L'un, discordant sur le Crétacé, se trouve à la base des marnes et du flysch, en grande partie lutétiens, mais pouvant aussi, en certains points, représenter des niveaux plus inférieurs de l'Éocène. L'autre existe à la base de l'Oligocène et est localisé aux environs des premiers reliefs méridionaux du Rif (aux abords de l'Ouergha), ce qui indique que cette seconde transgression s'est faite du Sud au Nord, en débordant du synclinal prérifain vers les massifs jurassiques du Rif. Lithologiquement, les deux niveaux transgressifs sont le plus souvent caractérisés par des grès zoogènes, détritiques, très glauconieux.

Le premier a une importance particulière pour l'interprétation tectonique de ces régions. De l'Ouest vers l'Est, je l'ai reconnu d'Ouezzan à Boured. Il se prolonge certainement au delà, d'une part dans le Rif oriental, où P. Russo [2] signale que l'Éocène débute par des sables et grès glauconieux, d'autre part au Sud, où F. Daguin [3] a décrit de pareils grès en différents points du Prérif à la base du Nummulitique, considéré comme charrié ou décollé.

Ces faits paraissent susceptibles de préciser l'ampleur du décollement de la série nummulitique prérifaine. En effet, en signalant [4] que la zone Sebou-Ouergha ne correspondait pas à une zone de racines, mais à une zone de plis plus courts, de mouvements tangentiels atténués, j'avais implicitement écarté l'hypothèse d'une nappe, et je laissais subsister celle du décollement de toute la série nummulitique entre le Sebou et Fès, soit sur une profondeur de 40^{km} environ. Cette hypothèse devient, elle aussi, peu vraisemblable, dès l'instant où l'on reconnaît que les termes inférieurs, y compris les niveaux transgressifs de cette série, sont très généralement

---

(1) Séance du 21 décembre 1931.

(2) P. Russo, *Recherches géologiques sur le nord-est du Rif* (*Mém. Soc. Sc. Nat. Maroc*, 20, 1929, p. 97).

(3) F. Daguin, *Étude géologique de la région prérifaine*, p. 266 et suiv. (Montpellier, 1927).

(4) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 495 et 1248.

visibles à sa base, même en des points (Dj. ben Abit) qui se trouveraient à la limite méridionale extrême de la zone décollée. Il ne me paraît donc plus possible de concevoir le Nummulitique prérifain comme décollé complètement de son substratum, sur de grandes distances; il est plutôt affecté par des décollements locaux.

Dans ces conditions, comment expliquer les différences entre les faciès de cette série et ceux des rides prérifaines, différences telles qu'on y a vu un argument important pour la distinction d'un Nummulitique charrié et d'un Nummulitique autochtone? Les observations suivantes peuvent, je crois, éclairer la question.

1° Le Nummulitique gréseux des rides prérifaines (autochtone de F. Daguin) ne leur est pas spécial, mais se retrouve au Nord, en certains points des rides rifaines méridionales.

2° La série nummulitique à faciès surtout marneux (nappe de F. Daguin), qui s'étend entre les deux systèmes de rides prérifaines et rifaines, a pour équivalent certain, au Nord, par rapide variation de faciès, les calcaires gréseux des rides rifaines méridionales (Tazrou, B. Hassene).

3° De même, vers le Sud, la série marneuse prérifaine qui, on l'a vu, n'a pu subir que de courts déplacements, doit avoir pour équivalent, par rapide variation latérale, le faciès gréseux des rides prérifaines. Ce troisième fait toutefois ne peut être acquis que par déduction et non par observation directe, car la série marneuse nummulitique est, aux environs immédiats des rides prérifaines, cachée sous une couverture miocène.

La distinction d'un Nummulitique de nappe et d'un Nummulitique autochtone peut ainsi, à mon sens, être éliminée. Cette notion doit faire place à celle des variations brusques et importantes de faciès, sur de faibles distances, variations très fréquentes dans le Nummulitique prérifain et rifain.

En outre cette interprétation fait apparaître l'analogie des rôles paléogéographiques joués, dès l'Éocène, par les rides prérifaines et rifaines méridionales [1].

Ces parallélismes peuvent, semble-t-il, coordonner les résultats acquis dans le Prérif (en particulier par les beaux travaux de M. F. Daguin) et les observations que j'ai recueillies dans le Nord. On ne peut pas distinguer un style rifain méridional d'un style prérifain; et les accidents triaso-nummulitiques du Prérif devront sans doute être interprétés comme ceux du Nord par un régime de plis déversés et d'écailles, pressés vers le Sud par

(1) J. Lacoste, *Sur le rôle paléogéographique et tectonique des massifs jurassiques du Rif méridional* (*C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 1931, p. 185).

les mouvements post-vindoboniens, avec chevauchements et décollements locaux provoquant des apparitions diapires de Trias. Ces apparitions sont d'autant plus fréquentes et massives que la zone du Prérif est celle du Trias gypseux et marneux, alors que, au Nord de celle-ci, dans la région rifaine méridionale, où les écailles se dessinent plus nettement et de façon plus cassante, le Trias est plus dolomitique.

Reste une hypothèse qui pourrait être jugée compatible avec l'interprétation précédente : la possibilité d'un décollement général de toute la série sédimentaire, au niveau même du Trias, comme en Tunisie du Nord (1). Dans ce cas, la série sédimentaire devrait être constamment et violemment étirée, avec allure lenticulaire et lacunes. Pourtant, dans le Prérif et dans le Rif, aucune observation de ce genre n'intervient actuellement en faveur de cette possibilité.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie des confins des provinces de Murcie et d'Alicante.* Note (2) de M. **Paul Fallot**, présentée par M. Ch. Jacob.

J'ai émis l'hypothèse (3) que si le contact anormal entre les deux séries, néritique au Nord, alpine au Sud, signalées entre la Sierra Sagra et Calasparra se poursuit bien vers l'Est, il doit s'observer dans la Sierra de la Pila et que les massifs voisins de la Sa. del Canton de Abanilla, où M. Jimenez de Cisneros a depuis longtemps décrit du Lias à faciès alpin, doivent appartenir à la série chevauchante.

J'ai pu vérifier ce point en 1931 et distinguer :

Avant-pays. — La série à faciès néritique forme, de Calasparra à Yecla, un faisceau de longues crêtes anticlinales étroites de terrains secondaires, séparées par des synclinaux larges, peu profonds, où affleurent le Nummulitique et le Néogène, en partie cachés par le Quaternaire. Ces crêtes dessinent trois chaînons principaux avec des tronçons plus ou moins en coulisse.

Le plus méridional est constitué par la Sierra de Ascoy et par son pro-

(1) M. Solignac, *Étude géologique de la Tunisie septentrionale*, Tunis, 1927, p. 602 et suiv.

(2) Séance du 21 décembre 1931.

(3) P. Fallot, *État de nos connaissances sur la structure des chaînes bétique et subbétique* (*Livre jubilaire de la Société géologique de France*, 1930, p. 279-305).

longement Est que relaie en coulisse le Carche, suivi lui-même de la Sierra de Salinas.

Tout dans l'allure de cette région confirme l'hypothèse, émise antérieurement, qu'elle est autochtone. Au sud du chaînon le plus méridional naît un nouvel anticlinal, dont le Lutétien est en continuité avec celui qui forme l'enveloppe du pli du Carche.

Série chevauchante. — Mais sur le Nummulitique de cet anticlinal repose un grand lambeau de dolomie grise qui forme le sommet escarpé de la Sierra de la Pila. Le contact anormal, peu clair dans les bois du versant Nord, est très net depuis les Pozos de Nieve, au Nord-Ouest, et s'observe à l'Ouest, au Sud et au Sud-Est du massif qui est allongé vers le Nord-Est. Séparé de la dolomie chevauchante par un liséré irrégulier de Trias à gypse, le substratum comporte du Lutétien, du Sénonien à *Pachydiscus gollevilensis* d'Orb. sp. et à Inocérames. Vers le Nord-Est, la masse chevauchante s'ennoie, à partir du Cabezo de la Peña de la Zafra qui est en calcaire nummulitique du substratum, et elle forme, sur le prolongement du massif de la Pila, la longue crête jurassique de la Sierra de Quivas, terminée au Nord-Est par la Sa. de la Espada où j'ai trouvé le Lias à faciès alpin.

Au Sud-Ouest et au Sud-Est de la Sierra de la Pila se dressent les petits massifs de la Sierra del Uva (anticlinal de Jurassique déversé vers le Nord-Ouest) et de la Sierra del Corque (double pli de Jurassique pinçant du Néocomien). Ces deux massifs semblent appartenir au substratum du témoin de la Pila; mais ils offrent notamment un Malm, un Tithonique et un Néocomien de type bathyal.

Au Sud de ces reliefs commence le vaste manteau transgressif des terrains néogènes de la région de Fortuna, cachant tous les accidents jusqu'à la Sierra de Orihuela.

Si ces formations voilent la connexion du témoin de la Pila avec ses racines et ces racines elles-mêmes, on peut au moins observer, vers l'Est, le prolongement du contact anormal frontal et l'extension transversale de la série à Lias alpin.

En effet, au Sud-Est de la Sierra de la Espada se dresse un massif calcaire qui s'étend, sauf interruptions locales, à l'Est jusqu'à la Sierra del Coto de Pinoso, au Sud jusqu'à la Sierra del Canton de Abanilla et à la Sierra del Cofer, au Sud-Est jusqu'à la Sierra de Agallate (ou Algayat).

Toutes ces montagnes comportent du Lias rose à faciès alpin. Celui-ci et la dolomie qui l'accompagne chevauchent, dans la Sa. del Coto de Pinoso,

le Nummulitique autochtone, qui prolonge au Nord-Est celui du pied de la Pila. Le chevauchement s'observe jusqu'à la Cala fria au Nord de la Romana.

Dans une direction transversale par rapport aux accidents, le versant Sud-Ouest de la Sierra de Barinas et de la Sa. del Canton montre d'autre part le contact anormal du Jurassique sur un Nummulitique qui continue, pour autant que le Néogène transgressif le laisse supposer, le Lutétien du pied méridional de la Pila.

Vers le Sud-Ouest, ce contact ne tarde pas à être masqué par du Quaternaire et du Néogène.

Mais le peu que le Miocène transgressif laisse apercevoir, permet de conclure :

1° Que la ligne de contact anormal Sierra Sagra-Calasparra se poursuit jusqu'à la Romana.

2° Que dans cette région le chevauchement est aussi net, si ce n'est plus, que dans la région du Buître. Son ampleur mesurable du front de la Sierra de Quivas au pied de la Sa. de Barinas est de l'ordre de 12^{km}.

3° La série chevauchante est caractérisée par son Lias à faciès alpin. Mais dans le substratum apparaissent, du Malm au Sénonien, des faciès marins qui détruisent en partie l'impression d'hétéropisme que donnaient plus à l'Ouest les deux séries.

La série chevauchante est en continuité vers le Sud-Est avec la Sa. de Crevillente, large anticlinal offrant une série complète du Lias au Néocomien. Elle disparaît à l'Est, comme le contact frontal, sous le Miocène transgressif.

Il est probable que la Sa de Foncalent, jadis étudiée par Nicklès, peut être rapportée encore à cette série, qui échapperait vers la mer à hauteur d'Alicante

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des terrains de la cuvette du Zima, région de Safi (Maroc).* Note de M. **P. Russo**, présentée par M. Ch. Jacob.

La cuvette où se trouve la Sebkha Zima, au Sud-Ouest de Safi, a été considérée par L. Gentil comme quaternaire. Depuis, divers géologues ont étudié ses terrains rouges et en ont fait un ensemble triasique ou, comme E. Roch, un complexe comprenant du Trias, du Jurassico-Crétacé et du

Quaternaire, ce dernier suivant une surface très limitée. De mes observations de 1927, j'avais retiré l'impression que le Quaternaire était au contraire très développé et possédait une grande épaisseur en cette région. La découverte récente par M. Delerme, contrôleur civil de la région, d'une dent de *Lamna* cf. *appendiculata*, rencontrée dans un puits à la profondeur de 40^m, donne une base paléontologique à cette impression. Lors de mon dernier voyage d'études dans cette région, cette dent me fut présentée et j'examinai les terrains dans lesquels elle a été trouvée. Il s'agit d'argiles rouges tachées de vert avec bancs gréseux, le tout reposant sur des grès triasiques qui entourent presque complètement la cuvette avec pendage vers son centre. Les eaux des puits, qui restent dans les assises supérieures au niveau d'où provient la dent, sont salées et contiennent de 500 à 3000^{mgs} de Cl au litre. Au contraire, les assises gréseuses triasiques de la base sont moins salées. Les assises argileuses pénètrent dans les vallées qui entourent la dépression, en demeurant parallèles à une même surface de niveau.

Nous devons donc admettre que, contenant à — 40^m un fossile provenant du Maestrichtien, qui existe à quelques kilomètres plus à l'Est, ces assises se sont déposées après le Maestrichtien et que, pénétrant dans les vallées actuelles comme il a été dit, elles sont d'âge quaternaire; enfin que, formées d'éléments lithologiques provenant du Trias et du Maestrichtien, elles tirent leur origine de la région où ces deux termes sont représentés : c'est-à-dire l'Est du Zima.

Plus au Nord, dans la région de Sidi Ben Neur, le Quaternaire de la vaste plaine des Doukkala méridionaux m'a donné, dans des assises lithologiquement identiques à celles du Zima, des dents roulées mais bien reconnaissables de *Lamna* sp., *Otodus* cf. *obliquus*, *Scapanorhynchus* cf. *gigas* et des dents palatines diverses indéterminables. Nous sommes là dans les mêmes conditions qu'au Zima et l'origine des assises se trouve dans les collines triasiques, revêtues de Maestrichtien et de Suessenien, du Mtal et de Guerande.

Enfin il convient de remarquer que les assises, tenues jusqu'à ce jour pour triasiques dans la région de Sidi Saïd Mâcheu, doivent aussi être pour une grande part distraites de ce système et rattachées au Jurassico-Crétacé En effet, à la base des couches rouges salifères et gypseuses de Si Saïd Mâcheu, que j'ai suivies tout le long de l'Oum er Rbia, on voit apparaître des couches de marnes jaunes qui viennent reposer à Mazagan sur le Paléozoïque. Ces mêmes assises se retrouvent avec la même position

au Mtal où elles reposent sur le Trias gréseux rouge et on les rencontre dans les divers sondages de la plaine des Doukkala, avec les gypses du Jurassico-Crétacé et surmontées de dépôts fossilifères du Néocomien.

Il convient donc, aussi bien au Zima que sur les bords de l'Oum er Rbia et dans la plaine des Doukkala, de restreindre considérablement la part faite au Trias et d'attribuer ce qui lui est ainsi enlevé en partie au Quaternaire, en partie au Jurassico-Crétacé (série rouge compréhensive). Les assises détritiques horizontales, peu ou pas consolidées, atteignant parfois jusqu'à 100^{m} de puissance (Doukkala), sont quaternaires; les assises plus ou moins inclinées, gréso-calcaires, discordantes sous les précédentes et souvent recouvertes par le Maestrichtien, mais gypseuses, salées, et, comme celles du Quaternaire et du Trias, rouge amarante ou lie-de-vin, ordinairement sans fossiles, appartiennent au Jurassico-Crétacé que nous savons s'étendre du Maroc occidental à l'Algérie méridionale.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Répartition angulaire des rayons* ultrapénétrants (*rayons cosmiques*). Note (¹) de M. **D. Skobelzyn.**

Mes expériences avec la chambre Wilson dans le champ magnétique (adaptée pour l'étude spectroscopique des rayons γ) ont révélé en 1927-1929 (²) l'apparition des rayons de très haute énergie dont l'origine doit être attribuée à la radiation dite ultrapénétrante (rayons cosmiques (³).

Pendant les années 1930-1931 une nouvelle série d'expériences utilisant la méthode de détente a été effectuée. Les 1100 nouveaux clichés stéréoscopiques ont montré l'apparition de 146 trajets du type envisagé, disons ultra-β.

Le matériel statistique déjà accumulé permet d'établir la distribution des rayons en question entre les différentes zones angulaires.

Sur la figure 1 les données expérimentales sont représentées de la manière suivante : les abscisses sont proportionnelles à $\cos\theta$, où θ est l'angle entre la direction envisagée et la direction zénitale. Les intervalles (égaux) de l'axe des abscisses correspondent donc à des zones angulaires *de même angle solide*. Les croix de la figure 1 font connaître immédiatement les nombres (N)

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

(²) D. Skobelzyn, *Zs. f. Phys.*, 54, 1929, p. 686.

(³) Un récent travail de L. Mott-Smith et G. Locher (*Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 1399) en donne des nouvelles preuves.

de trajets observés à Paris dans les intervalles angulaires correspondants. Les petits cercles représentent les valeurs moyennes (évaluées pour de plus grands intervalles) qui résultent des observations antérieurement effectuées

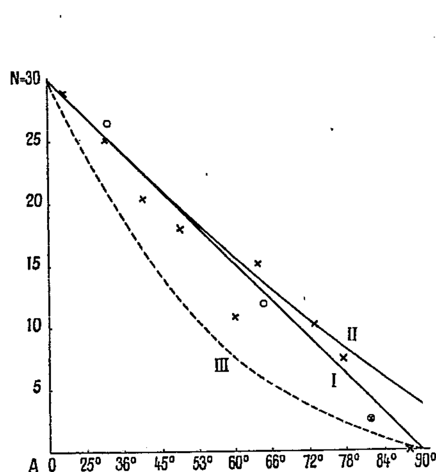


Fig. 1.

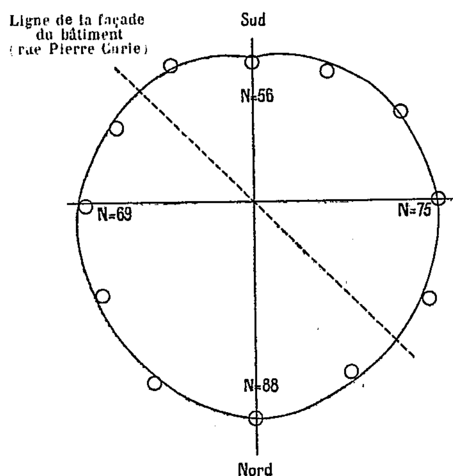


Fig. 2.

à Leningrad ([1]). Les deux séries (de Paris et de Leningrad) sont assez nettement représentées par la ligne droite tracée sur la figure. Tenant compte de la manière dont le diagramme a été construit, il faut en conclure que, dans les deux cas, les nombres de particules observées sous les différents angles θ (et rapportés à l'unité d'angle solide) sont sensiblement répartis selon la loi du cosinus. Il en résulte ensuite (contrairement à toute prévision et à quelques conclusions signalées dans mon article cité) que l'intensité ([2]) des rayons ultra-β dans les conditions des expériences ([3]) est *presque indépendante de la distance zénitale* de la direction choisie, la distribution présentée par la figure 1 étant produite par l'appareil lui-même. La courbe (II) donne en effet la loi de variation du nombre N, calculée en partant de la supposition que $\mathcal{J} = \text{const.}$ ([4]). Un fléchissement (assez

([1]) *Loc. cit.*, p. 688.

([2]) Définie dans le sens usuel comme le nombre de rayons par unité d'angle solide et unité de surface perpendiculaire à la direction choisie.

([3]) Tout à fait différentes dans les deux cas.

([4]) En négligeant la profondeur d de la couche éclairée de l'appareil de détente dont le plan était horizontal (surface S) on aurait $N = \mathcal{J} S \cos\theta$. Pour les conditions réelles ($S = 200^{\text{cm}^2}$, $d = 1^{\text{cm}},5$) on obtient sous certaines suppositions (les cas où le segment visible d'un trajet est moins que 1^{cm} sont omis)

$$N = \mathcal{J} S \cos\theta [1 + 0,13 \tan\theta + 1,8 \sin\theta] \quad \text{(courbe II)}.$$

brusque d'ailleurs peut-être) de la courbe $\mathcal{I} = f(\theta)$ est seulement à constater pour les directions les plus obliques ($\theta = 75°$-$90°$).

D'autre part une asymétrie notable se manifeste dans la répartition azimutale. La figure 2 fait connaître, sous forme de diagramme polaire, le nombre de trajets traversant les différents plans verticaux, perpendiculaires au rayon-vecteur, dans le sens de celui-ci.

Il est aussi possible d'examiner les courbes de répartition azimutale pour différents cônes ($\theta - \theta + d\theta$) séparément. Un pareil examen montre que la répartition azimutale dépend très sensiblement de l'angle θ, la dissymétrie caractéristique étant plus prononcée pour les zones moyennes ($\theta = 45°$-$70°$). En considérant enfin le diagramme azimutal plus en détail on aperçoit (notamment dans le cas $\theta = 45°$-$70°$), une anisotropie très irrégulière par rapport à l'azimut.

Dans les deux cas envisagés (séries de Leningrad et de Paris) l'effet observé était fortement influencé par l'absorption dans le bâtiment du Laboratoire et les bâtiments voisins (surtout dans la zone $\theta = 45°$-$70°$) (1).

Il est naturel d'attribuer les variations irrégulières dans la courbe azimutale et la dissymétrie signalée ci-dessus, à l'effet des « ombres » produites par absorption dans l'enceinte entourant le lieu des expériences (2). Il n'est cependant pas possible d'interpréter le résultat concernant la dépendance de l'angle θ, du point de vue des suppositions usuellement admises.

Dans le cas envisagé par Bothe-Kolhörster (les particules observées arrivent des espaces cosmiques) ainsi que dans le cas de l'effet Compton de rayons ultra-γ, il faut admettre que la direction de chaque trajet observé coïncide à peu près avec la direction du rayon primaire (3). Cela étant

(1) La chambre Wilson à Paris se trouvait dans une salle de sous-sol à la profondeur de 160^{cm} de sorte que la hauteur du bord de terrain par rapport à l'appareil était de $20°$-$40°$. L'épaisseur des murs et des parois traversés par des rayons venant de haut était équivalente à 1^m-$2^m,5$ d'eau. A Léningrad, l'appareil était situé au premier étage d'un grand bâtiment massif dont l'épaisseur des murs était équivalente à plus de 3^m d'eau.

(2) En acceptant l'hypothèse de Bothe-Kolhörster on aurait pu prévoir une forte asymétrie due à l'influence du champ magnétique terrestre. Les directions vers l'Est devaient être à Paris largement abondantes (B. Rossi, *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 606). Cette éventualité (d'après l'ensemble des résultats exposés) semble exclue. La symétrie apparente par rapport au plan méridional est certainement fortuite.

(3) Il est à remarquer (en ce qui concerne l'interprétation corpusculaire) que les particules ne subissent pas une déviation quelque peu notable pendant leurs parcours dans l'atmosphère. La valeur de déviation moyenne, calculée pour une couche absorbante de 10^m d'eau, est en effet d'après les formules connues (Bothe, *Zs. f. Phys.*, 54, 1929, p. 161) égale à $5°$ à peu près pour une particule de 10^9 volts.

donné, il faudrait s'attendre (contrairement aux résultats exposés ci-dessus), à une assez forte concentration vers la direction zénithale, due à la filtration des rayons dans l'atmosphère (et augmentée par l'absorption locale). Ce serait d'ailleurs une conséquenee nécessaire de la courbe d'absorption connue. (La courbe III, *fig.* 1, présente la distribution correspondante, d'après les résultats de récents calculs de Tuwim) (¹). Au surplus il ne serait pas possible de concilier les deux courbes (zénithale et azimutale), en partant de l'un de ces deux points de vue.

L'hypothèse suivante s'impose alors : les trajets observés sont dus à des rayons *secondaires* (d'un rayonnement électromagnétique ou corpusculaire), dont les directions sont *plus ou moins indépendantes* de la direction du rayon primaire.

Il ne semble pas possible d'envisager cette éventualité sur la base de mécanismes connus de l'absorption de rayons corpusculaires ou électromagnétiques du type ordinaire.

BOTANIQUE. — *Sur la caryologie des Ampélidées.*
Note (²) de M. **M. Branas**, présentée par M. P. Viala.

L'attention de quelques auteurs, partant, il est vrai, de points de vue différents, a déjà été retenue par les questions caryologiques appliquées aux Ampélidées. Nous avons cru utile de contribuer, par un travail d'ensemble sur la garniture chromosomique de quelques Ampélidées d'intérêt cultural possible, à l'apport de notions nouvelles ou confirmatives sur la question. A cette fin nous n'avons eu qu'à mettre en œuvre le matériel important que nous offraient les collections ampélographiques de l'École nationale d'Agriculture de Montpellier.

La détermination du nombre des chromosomes dans les cellules sexuées nous a paru, à priori, préférable à leur comptage dans la lignée somatique. Notre travail a donc consisté à fixer des inflorescences, cueillies de préférence le matin, parce que, avons-nous remarqué, les stades de division sont alors plus nombreux, au picroformol de Bouin (plus exactement avec une formule voisine). Après inclusion habituelle à la paraffine, les coupes obtenues au microtome ont reçu une double coloration à l'hématoxyline-éosine par les techniques courantes.

(¹) L. Tuwim, *Berl. Berichte*, N. 4/5, 1931, p. 91.
(²) Séance du 28 décembre 1931

Nous avons pu hâter considérablement l'exécution de notre travail en coupant des inflorescences presque entières, évitant ainsi dans une assez large mesure la difficulté signalée par d'autres auteurs, que les stades de la division passent très vite de la prophase de la division hétérotypique à l'apparition des tétrades et que le hasard conditionne seul l'obtention dans les préparations de cellules au stade désiré.

La méthode de Heitz au carmin acétique, voire même le carmin alcoolo-acétique, peuvent apporter une aide dans la recherche du stade favorable à l'observation mais sont loin d'égaler en précision les résultats obtenus avec l'hématoxyline.

Lors de la prophase de la division réductionnelle, et jusqu'au stade synapsis, le dénombrement des filaments chromatiques se heurte à des difficultés sérieuses. Les chromosomes sont rejetés vers la périphérie de la cavité, relativement entassés, irréguliers dans leur forme. On peut néanmoins observer assez souvent leur arrangement en paires et quelquefois les dénombrer. Le nucléole est sphérique, quelquefois ovoïde.

Le comptage des chromosomes ne peut guère s'effectuer avec succès que lors de la métaphase de la division hétérotypique; ils ont alors la forme de bâtonnets courts, leurs dimensions varient de 0,3 à $0^{\mu},5$ et dans une vue polaire, apparaissent circulaires et nettement délimités. La détermination de leur nombre est impossible dans les métaphases vues de profil et lors de l'anaphase de la même division car, à ce dernier stade, ils se dédoublent successivement.

Dans les diades on ne peut que rarement observer avec succès des métaphases suffisamment nettes.

En résumé, tous nos efforts ont porté sur l'obtention de plaques équatoriales bien orientées de la première division de maturation.

Nous avons pu déterminer la garniture chromosique des espèces et variétés appartenant aux genres *Ampelopsis* (2 espèces), *Parthenocissus* (1 espèce) et au genre *Vitis* (19 espèces comprenant le *V. Vinifera* L. — 5 variétés, 4 espèces asiatiques, 14 espèces américaines, 20 variétés).

I. Les espèces étudiées appartenant aux genres *Ampelopsis* et *Parthenocissus* ont une garniture formée de $n = 20$ chromosomes.

II. Les espèces et variétés étudiées appartenant au genre *Vitis* possèdent $n = 19$ chromosomes, sauf :

a, *V. rotundifolia* Michx., qui a $n = 20$ chromosomes.

b, *V. vinifera* L., var. *Canon Hall Muscat*, qui a $n = 38$ chromosomes.

Si l'on excepte ces deux derniers cas, nous n'avons pu établir jusqu'ici

de relation entre le nombre des chromosomes et la présence de caractères ou aptitudes spéciaux à tel ou tel cépage : vigueur, pubescence accentuée, couleur ou dimensions des grains, apyrénie, etc.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations caryologiques sur quelques* Gossypium. Note (1) de MM. **Joseph Szymanek** et **Pierre Gavaudan**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Faisant suite à une étude technologique des fibres du Coton, nous avons entrepris un examen caryologique de deux espèces : *Gossypium hirsutum* et *Gossypium herbaceum* ainsi que de leur hybride.

Le nombre de chromosomes a été indiqué par plusieurs auteurs, avec quelque désaccord. Kearney (2) se borne à dire que *Gossypium* ne possède pas moins de 20 chromosomes au stade haploïde. Zaïtzew (3), en collaboration avec Mlle Nikolajewa, auxquels l'on doit la plupart des données, distingue même deux groupes géographiquement différents, l'un avec 52 chromosomes en $2n$, dans lequel est classé aussi *G. hirsutum*, l'autre où est classé *G. herbaceum* avec 26 chromosomes au même stade.

Zaïtzew, qui a expérimenté au Turkestan sur les mêmes espèces que nous, a signalé que le croisement de *G. herbaceum* avec *G. hirsutum* était stérile. Ce fait est, d'après lui, en rapport avec la différence du nombre de chromosomes. Il a considéré ce croisement pratiquement irréalisable, car s'il a réussi cette hybridation, le produit s'est montré stérile en F_1. Cependant Cannon (4) a obtenu en croisant un *G. barbadense* considéré comme ayant 52 chromosomes au stade diploïde avec un *G. herbaceum*, un hybride de 58 chromosomes à ce stade.

L'un de nous a repris ces expériences à Ségou au Soudan Français. Les essais ont porté sur *G. hirsutum* des variétés Hartsville et Allen et sur *G. herbaceum* des variétés Karangani et Garhohils.

(1) Séance du 28 décembre 1931.

(2) H. Th. Kearney, *Segregation and correlation of characters in an Upland-Egyptian Cotton Hybrid* (*United States Dep. of Agricultur*, Bull. 1164, aug. 1923, p. 55).

(3) G. S. Zaïtzew, *A Hybrid between Asiatic and American Cotton Plants*-Goss. herbaceum *L.* + Goss. hirsutum *L.* (*The Agricultural Journal of India*, 21, May. 1926, p. 460).

(4) Voir M. Ishikawa, *A List of the Number of Chromosomes* (*The Botanical Magazine*, 30, 1916, p. 428).

En 1929, ces deux espèces furent hybridées en géniteurs mâle et femelle. Les croisements ont été réalisés artificiellement et après castration effectuée avec toute la rigueur nécessaire pour éviter l'autofécondation, avec un pollen pur et préservé de tout pollen étranger. Sur de nombreux essais, nous avons obtenu quelques capsules, il est vrai très anormales, quant à leur forme et leur taille qui restaient très petites; la graine était à peine duvetée. Les graines obtenues ont été ensemencées en 1930 et ont donné des plantes parfaitement normales.

La dominance des caractères maternels était manifeste : ces plantes en effet, ressemblaient au géniteur femelle, le *G. herbaceum*, mais les caractères du géniteur mâle, le *G. hirsutum*, se faisaient sentir sur la forme et la grosseur des capsules et surtout, ce qui est important, sur la qualité des fibres.

Nos observations caryologiques ont porté à la fois sur les cellules somatiques (tapetum, feuille, racine) et sur les cellules sexuelles, mais surtout sur ces dernières. Le matériel a été fixé sur place au liquide de Navashin, par l'un de nous.

Chez *G. herbaceum-indicum*, variété Karangani et variété Garhohills, nous avons trouvé un nombre de chromosomes du même ordre que celui que Zaïtzew a indiqué pour le soma, c'est-à-dire que nous en avons compté de 10 à 13 dans les cellules mères du pollen; il ne nous a pas été possible de préciser davantage. Chez *G. hirsutum* variété Hartsville, nous avons compté de 20 à 26 chromosomes au stade diploïde ainsi que dans une lignée autofécondée depuis deux ans de la variété Allen de la même espèce; la variété Allen non sélectionnée nous a montré le même nombre au stade haploïde et une cinquantaine de chromosomes dans le soma.

L'hybride du *G. hirsutum* ♂ avec *G. herbaceum* ♀ possède 12 chromosomes au stade haploïde. *G. hirsutum* est représenté par la variété Hartsville. Les nombreux essais de croisement de la variété Allen effectués en 1929 sont demeurés infructueux.

Nous faisons remarquer en passant que la taille des chromosomes sensiblement égale chez *G. hirsutum*, variété Allen et chez l'hybride (*G. hirsutum* variété Hartsville *G. herbaceum*) est beaucoup plus faible chez *G. herbaceum*.

Tenant compte des recherches citées et de nos propres résultats, nous sommes amenés à admettre l'existence de la polyploïdie aussi bien dans la variété que dans l'espèce chez le cotonnier, sans toutefois sous-estimer la portée de la discordance des résultats de Cannon et Zaïtzew, sur le rôle de la polyploïdie dans l'hybridation entre différentes espèces de coton.

Au cours de nos recherches de mitoses dans le but de déterminer le

nombre de chromosomes, nous avons pu examiner les cellules du tapetum et d'autres parties de l'anthère. Le tapetum possède les caractères généraux que l'on rencontre chez les angiospermes [1]. Les cellules du tapetum sont généralement binucléées; elles renferment plus rarement quatre noyaux. Les noyaux peuvent contenir de 2 à 6 nucléoles. Lorsque les cellules mères sont au stade de synapsis, on trouve de nombreux synkarions de deux à quatre noyaux, et des divisions hyperchromatiques; ces dernières sont souvent anormales, et les cinèses très modifiées peuvent être multipolaires.

ZOOLOGIE. — *Des transformations d'ordre orthogénétique des glandes de Meibomius externes chez certains Rongeurs.* Note [2] de M. N. Lœwenthal.

Le phénomène d'Eimer (*Orthogenesis*, 1897) apparaît d'une manière très démonstrative en examinant comparativement les glandes de *Meibomius* les plus externes chez le Rat blanc, le Rat noir (*Mus rattus*), la Souris, le Campagnol et le Cobaye.

Chez le Rat blanc, les glandes susdites ne se distinguent guère, et en tout cas insuffisamment, des glandes de la région moyenne des paupières.

Chez le Rat noir par contre, les glandes de Meibomius qui bordent l'angle externe de l'œil deviennent plus grandes (à la paupière supérieure surtout) et s'étirent visiblement en arrière.

La Souris (*Mus musculus*), ordinaire ou blanche, montre la même particularité.

Chez le Campagnol (*Arvicola agrestis*), les glandes susdites s'allongent encore davantage et atteignent 3 à 4^{mm} de longueur, mais leur largeur reste, en moyenne, en dessous de 1^{mm}. La glande supérieure peut être accompagnée d'une autre glande, plus petite. Ces glandes ne peuvent plus être confondues avec les glandes de Meibomius ordinaires et constituent de petites glandes sébacées propres et extra-palpébrales.

Chez le Cobaye (*Cavia cobaya*), les glandes de Meibomius modifiées à l'angle externe de l'œil constituent, au-dessus comme au-dessous, un amas

---

(1) M. Mascré, *Recherches sur le développement de l'anthère chez les Solanacées* (*Thèse*, Paris, série A, 1921, nos 876 et 1679).

(2) Séance du 28 décembre 1931.

considérable, dont l'*inférieur*, plus volumineux, se compose d'ordinaire de trois glandes accolées, alors que le supérieur n'en renferme que deux. Les deux amas réunis, déjà reconnaissables à la loupe, forment un paquet glandulaire de 5^{mm} environ de largeur sur 3 à $3^{mm},5$ dans le sens radiaire.

Chez le Lapin (*Lepus cuniculus*), les petites glandes qui nous occupent n'existent plus; on peut observer cependant, et du côté inférieur en particulier, une glande de Meibomius plus isolée et écartée des autres.

Chez l'Écureuil (*Sciurus vulgaris*), les glandes de Meibomius, bien que nombreuses et serrées, s'écartent notablement de celles du Lapin par leur hauteur moindre, comme par le fait qu'elles sont moins subdivisées à leur partie profonde; le canal central y est généralement large. Encore moins peut-il être question des glandes extra-palpébrales.

Le développement excessif et les transformations des glandes de Meibomius externes, qu'on constate en passant de la Souris et du Rat noir (mais en laissant de côté le Rat *blanc*) au Campagnol et surtout au Cobaye, trouvent, selon toute apparence, leur raison d'être dans le besoin augmenté de sécrétion sébacée se déversant dans le cul-de-sac conjonctival externe, vu le genre de vie des animaux mentionnés en dernier lieu, qui vivent à l'état sauvage dans des terriers. Si, chez le Campagnol en particulier, on constate un saut marqué au point de vue du développement des glandes sébacées extra-palpébrales, on peut l'expliquer aisément par l'absence, dans cette espèce, de glandes de Meibomius dans la plus grande partie des paupières. On peut objecter à cette interprétation que chez le Cobaye les glandes sébacées extra-palpébrales sont très développées alors que les glandes de Meibomius ne s'interrompent pas à la région moyenne des paupières. Il faut cependant prendre en considération le fait que dans cette espèce les glandes mentionnées en dernier lieu sont plus grêles et peu touffues. La disparition des glandes extra-palpébrales chez le Lapin (sauf, ici et là, des vestiges) semble soulever une objection plus importante; elle perd cependant de son importance en regard du fait que les glandes de Meibomius deviennent, dans cette espèce, bien plus volumineuses et touffues que chez le Cobaye. Cette explication est corroborée par le fait que chez l'Écureuil, animal qui vit sur les arbres, non seulement les glandes extra-palpébrales n'existent pas, mais les glandes de Meibomius proprement dites sont sensiblement moins hautes que chez le Lapin et ne correspondent qu'à la partie superficielle des glandes du Lapin.

Il semble donc indéniable, en définitive, que les gradations qu'on constate au point de vue du développement des glandes de Meibomius modifiées et

extra-palpébrales, chez les Rongeurs passés en revue, se trouvent en corrélation avec le genre de vie de ces animaux et qu'elles sont de nature à appuyer la doctrine transformiste de Lamarck.

ZOOLOGIE. — *Sur la faune détriticole des forêts.* Note (¹) de M. **Paul Remy**, transmise par M. L. Cuénot.

Les mousses constamment humides, l'intérieur des souches pourries, les amas de détritus végétaux et l'humus qui provient de la décomposition de ces matières organiques constituent un milieu très spécial, bien représenté dans les forêts.

Par certains de ses caractères, cet habitat diffère notablement du domaine cavernicole : on y rencontre en effet beaucoup moins d'argile et davantage de produits humiques, d'ammoniaque, d'anhydride carbonique, que dans les grottes et fissures profondes du sol; par contre on y trouve, comme dans les galeries souterraines : un éclairement très faible, parfois nul, une température assez basse, une atmosphère peu agitée, à humidité très élevée, souvent voisine de la saturation. Ces conditions de vie varient assez peu au cours de l'année; elles se maintiennent avec une certaine constance sur de très vastes territoires, parfois même sur plusieurs continents, et cela depuis fort longtemps sans doute.

Ce milieu relativement uniforme dans l'espace et dans le temps est, comme le domaine souterrain, un asile où sont localisés de nombreux Invertébrés de très petite taille, qui, pour la plupart, sont classés à la base des groupes auxquels ils appartiennent; certains de ces organismes ont des affinités indécises et pourraient bien être le point de départ d'évolutions nouvelles; plusieurs de ces êtres synthétiques ou non spécialisés sont vraisemblablement des formes panchroniques qui ont mené le même genre de vie, sans subir de grandes modifications morphologiques, depuis qu'il y a des forêts sur la Terre; beaucoup d'entre eux sont cosmopolites ou représentés par des espèces vicariantes sur d'autres continents. Avec ces animaux archaïques vivent des organismes plus évolués, appartenant à des groupes variés. Les habitants de ce milieu particulier sont très souvent des trogloxènes ou des troglophiles; beaucoup d'entre eux ont des représentants troglobies.

(¹) Séance du 28 décembre 1931.

Dans les forêts à essences feuillues des environs de Nancy (Haye, Bois-le-Prêtre, altitude 300-400^{m}), les interstices étroits de l'humus et des couches profondes des feuilles mortes abritent des Turbellariés Rhabdocoeles (*Prorhynchus*) ou Triclades (Rhynchodémides), des Nématodes, des Oligochètes (surtout *Enchytraeidae*), des Isopodes Oniscoïdes sans trachées (*Trichoniscus*, *Haplophthalmus*), des Progonéates inférieurs (Symphyles, Pauropodes), des Insectes Aptilotes [Collemboles, Protoures (*Acerentomon*, *Acerentulus*, *Eosentomon*), Campodées]; les Protoures, qui passent généralement pour être des animaux rarissimes, pullulent aux endroits où les feuilles tombées demeurent humides durant toute l'année (fossés, carrières abandonnées, grands trous d'obus). A ces formes sont associés des Gastropodes Pulmonés (principalement des *Zonitidae*), divers Arachnides [Pseudoscorpions, Phalangides, Araignées minuscules (*Porrhomma*, *Leptyphantes*), Acariens (surtout *Oribatidae* et *Prostigmata*)], des Rhynchotes, des larves et adultes de Coléoptères carnassiers ou saproxylophages, des larves de Diptères, etc.

Souvent les petites galeries situées entre les feuilles sont occupées par une mince pellicule d'eau qui peut persister d'une année à l'autre. Dans ce microaquarium vivent de nombreux Rhabdocoeles, des Nématodes, des *Enchytraeidae*, le Tardigrade aveugle *Macrobiotus Schultzei* Greeff, le Copépode Harpacticoïde *Maraenobiotus Vejdovskyi* Mrazek var. *tenuispina* J. Roy.

En juillet 1931, j'ai rencontré dans les feuilles mortes d'une forêt de Hêtres (*Fagus silvatica* L.) des Vosges méridionales (Château-Lambert, Haute-Saône, altitude 700^{m}) une faunule analogue à la précédente, composée notamment de Symphyles, Pauropodes, Protoures, Campodées, *Maraenobiotus*. Dans la lamelle d'eau qui hébergeait ces derniers, j'ai trouvé en outre 6 exemplaires de *Parergodrilus Heideri* Reisinger, curieux Annélide long de 1^{mm} environ, qui a été découvert dans des détritus de forêts en Styrie centrale [1] et qui n'a pas été retrouvé depuis. Cet organisme peu élevé en organisation a été classé par Reisinger [[1], [2]], parmi les Archian-

---

[1] E. Reisinger, *Ein landbewohnender Archiannelide* (*Zugleich ein Beitrag zur Systematik der Archianneliden*) (*Zeitschr. f. Morph. u. Oekol. d. Tiere*, **3**, 1925, p. 197-254) [résumé de la description dans P. Fauvel, *Polychètes sédentaires*, etc. (*Faune d. Fr.*, **16**, 1927, p. 443-445)]. — M. Reisinger a eu l'obligeance de vérifier ma détermination.

[2] E. Reisinger, *Die systematische Stellung von* Parergodrilus heideri *Reisinger* (*Zool. Anz.*, **80**, 1929, p. 12-20).

nélides, à côté des *Dinophilus*; A. Meyer [(1), (2)] pense que c'est un Oligochète qui doit être placé dans la famille des *Enchytraeidae*, au voisinage des *Henlea*; cette seconde façon de voir est adoptée par Michaelsen (3), mais il n'est pas certain qu'elle soit définitive.

Les détriticoles présentent fréquemment des caractères de véritables cavernicoles : corps allongé, petite taille, téguments dépigmentés, appareil visuel réduit ou nul, organes tactiles développés; la plupart sont lucifuges et hygrophiles. Cette hygrophilie peut être considérée, chez certains Arthropodes, comme une conséquence de dispositions anatomiques particulières : on sait que, chez tous les animaux, aussi bien chez les aériens que chez les aquatiques, l'oxygène ne peut traverser la paroi d'un organe respiratoire que lorsqu'il a été préalablement dissous dans du liquide qui recouvre la surface externe de cet organe. Quand l'appareil respiratoire est constitué par des invaginations profondes des téguments (trachées, poumons), la pellicule liquide qui le revêt s'évapore difficilement, et l'animal peut vivre dans une atmosphère relativement sèche; si, au contraire, la pénétration de l'oxygène ne s'opère pas au niveau de telles invaginations, si la respiration est cutanée, l'organisme est astreint, pour éviter le dessèchement de ses téguments, et par conséquent l'asphyxie, à vivre dans une atmosphère très humide. Ce second cas est précisément celui de nombreux petits Arthropodes détriticoles : chez certains de ces animaux, l'appareil trachéen est totalement absent (Trichoniscinés, Pauropodes, Collemboles *Arthropleona*, Protoures des genres *Acerentulus* et *Acerentomon*) ou est relativement peu développé (Symphyles, Protoures du genre *Eosentomon*); pour subsister, ces êtres sont obligés d'habiter un milieu où l'eau s'évapore difficilement (atmosphère confinée, peu agitée, fortement humide et à température peu élevée). Ajoutons que ces Arthropodes sont généralement recouverts d'une cuticule mince qui facilite les échanges respiratoires.

---

(1) ANTON MEYER, *Ist* Parergodrilus heideri *(Reisinger) ein Archiannelide ?* (*Zool. Anzeiger.*, 72, 1927, p. 19-35).

(2) ANTON MEYER, *Zur Segmentierungsanalyse und Stammesgeschichte der Oligochäten* (*Ibid.*, 86, 1929, p. 1-16).

(3) W. MICHAELSEN, *Oligochaeta* (KÜKENTHAL et KRUMBACH, *Handb. d. Zool.*, 2, Teil 8, 1928, p. 7 et 104).

PHARMACODYNAMIE. — *Spartéine et adrénaline.* Note de M. **René Hazard**, présentée par M. A. Desgrez.

La spartéine s'oppose, en proportion des doses utilisées, au ralentissement cardiaque et à l'augmentation d'amplitude de la pression carotidienne

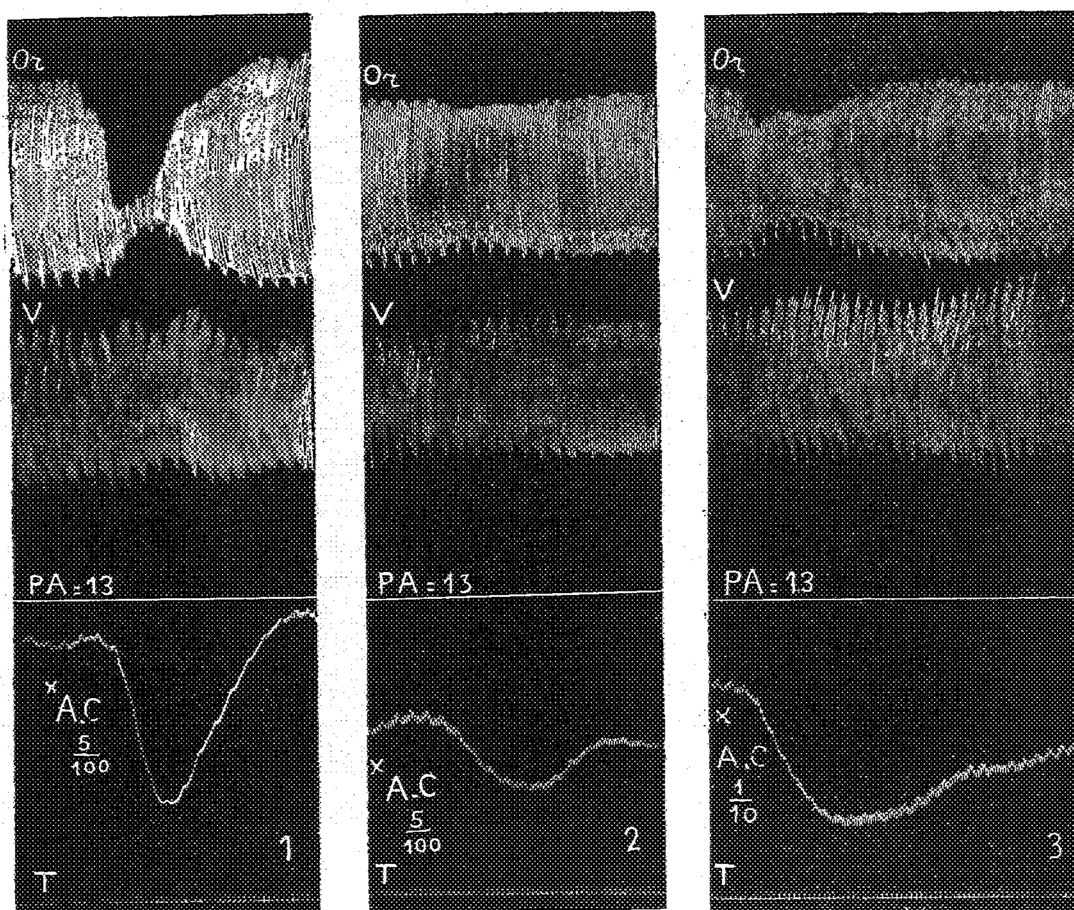


Fig. 1. — Inhibition par la spartéine de l'action vagale de l'acétylcholine sur le cœur. Chien ♂ 20^{kg}, Vagotomie double. Respiration artificielle. Or = oreillette; V = ventricule du cœur *in situ* (suspension); PA = pression carotidienne avec repère à 13^{cm} Hg; T = temps en secondes. 1. Action de l'acétylcholine (5/100 de mg par kilogramme, voie intraveineuse). L'animal reçoit entre 1 et 2 une injection intraveineuse de $0^{g},02$ de sulfate de spartéine par kilogramme. 2. Action de la même dose d'acétylcholine. 3. Action d'une dose double d'acétylcholine (1/10 de mg par kilogramme). (Tracé réduit de 1/3.)

provoqués par l'excitation vagale réflexe due à l'hypertension adrénalinique. L'action paralysante que la spartéine porte ainsi sur le pneumogastrique passe pour s'exercer seulement au niveau des ganglions, rendant inefficace l'excitation électrique du nerf [1]. A la vérité, la spartéine paralyse même les terminaisons périphériques du vague : elle diminue considérablement,

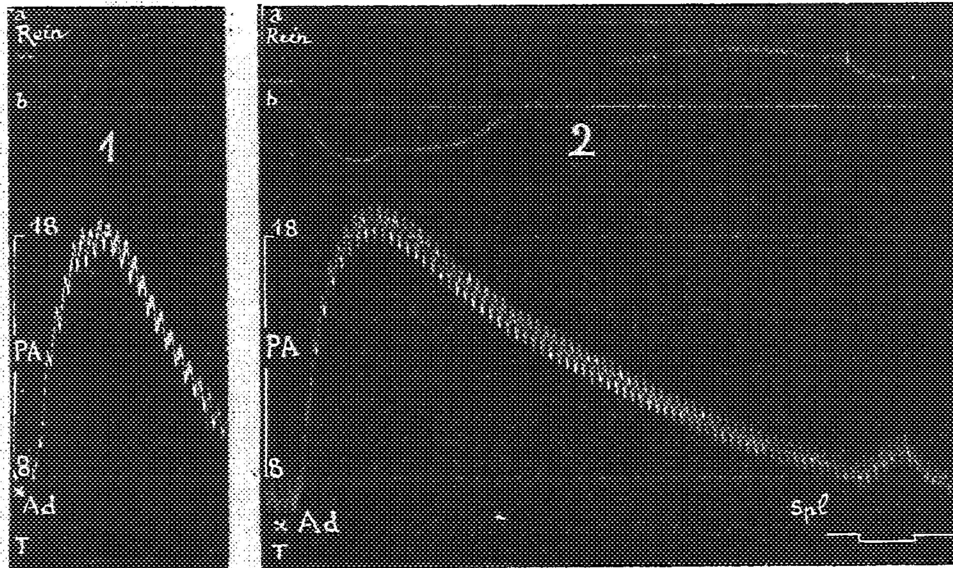


Fig. 2. — Renforcement par la spartéine de l'action hypertensive et vasoconstrictive de l'adrénaline. Chien ♂ 5^{kg},900. Vagotomie double. Respiration artificielle. On injecte à l'animal par la voie intraveineuse en 1 comme en 2, en *Ad*, 2/100 de mg de chl. d'adrénaline; entre 1 et 2 0^{g},02 de sulfate de spartéine par kilogramme. *Rein* = tracé oncographique du rein avec 2 repères de hauteur *a* et *b*; PA = pression carotidienne avec 2 repères à 8 et 18^{cm} Hg; T = temps en secondes; *Spl* = excitation du splanchnique gauche pendant 20 secondes (écart. 10) laquelle donnait avant l'action de la spartéine un effet analogue à celui de 2/100 de mg d'adr. (Tracé réduit de 1/3.)

en effet, sans toutefois la supprimer d'une façon absolument complète, l'action que l'acétylcholine exerce normalement sur le cœur [2] (*fig.* 1).

De plus, la spartéine renforce l'action hypertensive de l'adrénaline [3] d'une manière généralement plus prononcée que ne le fait la seule suppres-

(1) F. et L.-J. MERCIER, *C. R. Soc. de Biologie*, 93, 1925. II, p. 338 et 1468.

(2) L'action de la spartéine sur le vague cardiaque est donc, contrairement aux affirmations de R. Hamet (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 111), différente de celle de la nicotine et il est peu surprenant qu'elle lève l'arrêt cardiaque pilocarpinique.

(3) Ce renforcement a déjà été signalé par F. Mercier (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1162).

sion de l'action vagale réflexe. Chez le chien à vagues sectionnés ou paralysés par l'atropine, la dénivellation provoquée par l'adrénaline est plus forte et surtout plus durable après qu'avant spartéine [1] (*fig.* 2). La différence entre la pression artérielle minima et la maxima hypertensielle est souvent particulièrement marquée, quand la spartéine a exercé son action hypotensive propre.

La spartéine agit ici en renforçant les effets cardiaques et vasculaires de l'adrénaline [1]. Chez l'animal vagotomisé ou atropinisé les valeurs relatives de l'augmentation d'amplitude et de l'accélération des contractions cardiaques provoquées par l'adrénaline sont très augmentées par la spartéine. Celle-ci amplifie et prolonge de même la vasoconstriction rénale adrénalinique (*fig.* 2).

Cette action renforçatrice des effets de l'adrénaline est exercée par des doses de spartéine qui rendent inefficace l'excitation électrique du splanchnique (*fig.* 2) et des accélérateurs cardiaques [2].

En résumé *la spartéine amplifie et prolonge l'action hypertensive de l'adrénaline en inhibant le vague cardiaque jusque dans ses terminaisons et en sensibilisant à l'action de l'adrénaline les terminaisons du sympathique cardiaque et vasculaire.*

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Lampes à gaz rares pour la production de radiations ultraviolettes.* Note [3] de Mme J. GOUDE-AXELOS et M. ANDRÉ CLAUDE, présentée par M. A. d'Arsonval.

Les belles recherches de M. Lepape [4] sur la fabrication du krypton et du xénon et les travaux de M. Georges Claude pour obtenir ces gaz comme sous-produits normaux de la fabrication de l'oxygène et de l'azote [5] permettent de considérer leur utilisation pratique.

Nous avons recherché si ces gaz, dont les spectres d'étincelle sont très

---

[1] Les doses de 0g,02 et jusqu'à 0g,05 par kilogramme de sulfate de spartéine (voie intraveineuse) développent au maximum les effets observés. Les doses plus fortes tendent au contraire à les diminuer.

[2] F. et L.-J. MERCIER, *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1925, II, p. 1368.

[3] Séance du 28 décembre 1931.

[4] *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 231.

[5] *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 581.

riches en radiations ultraviolettes de diverses longueurs d'ondes, ne pourraient constituer en actinothérapie des sources pratiques, en vue d'applications locales ou générales.

Nous avons repris d'abord le dispositif expérimental de J.-J. Thomson, utilisé par MM. Léon Bloch, Eugène Bloch et Georges Desjardins (¹), consistant à exciter le gaz par haute fréquence avec électrode extérieure, et nous avons envisagé les conditions dans lesquelles une telle lampe, qui émet une gamme presque complète de rayons visibles et de radiations ultraviolettes jusqu'aux plus courtes longueurs d'ondes, pourrait se prêter à des traitements thérapeutiques locaux.

Ces radiations courtes étant absorbées par l'air, il est nécessaire d'approcher le plus possible la source de la région à irradier. Nous avons été conduits à constituer la lampe d'un tube en pyrex de 3^{cm} de diamètre et de 14^{cm} de long, fermé à l'une de ses extrémités; de ce côté, sur la moitié du tube, est bobiné à l'extérieur, spire contre spire, un fil de 2^{mm} de diamètre isolé d'amiante. Une paroi de quartz ou de fluorine cimentée sur l'autre extrémité du tube sert de surface radiante. Cette paroi peut avoir toutes les formes désirables pour s'adapter à la région à traiter. On peut l'introduire dans les cavités et l'appliquer directement sur les tissus, sans mettre en œuvre aucun dispositif de refroidissement.

Nous avons constaté que le krypton et le xénon peuvent vibrer avec des vapeurs métalliques, comme celle du mercure; il suffit, pour superposer les spectres, de l'addition de très petites quantités de mercure.

Nous avons cherché à obtenir à volonté, par des mélanges appropriés de gaz rares, une plus ou moins grande richesse dans l'ultraviolet de courtes longueurs d'ondes. Les expériences, effectuées en collaboration avec M. Delrieu, montrent que de tels dosages sont possibles : le spectre est d'autant plus riche en radiations de courtes longueurs d'ondes que la teneur en krypton ou en xénon est plus élevée et que la pression est plus basse; par contre le spectre est d'autant plus riche en radiations visibles et en radiations de grandes longueurs d'ondes, que la teneur en néon est plus élevée et la pression plus grande.

Nos expériences sur le choix du système d'excitation électrique attribuent un rôle important à la densité de courant, confirmant ainsi les idées émises par M. Zoltan Bay de Budapest : nous avons obtenu en effet les spectres d'étincelle du xénon en alimentation en courant continu avec des densités

(¹) *Annales de Physique*, 2, 1924, p. 461.

de courant de l'ordre de 3 à 100 ampères par centimètre carré, pour des pressions de $\frac{1}{10}$ à 1^{mm} de mercure [1]. Les essais ont été effectués avec des lampes de la Société Claude-Lumière, à électrodes très peu absorbantes.

Étant donné l'intérêt de ces constatations, nous avons fait avec le néon des essais analogues. Nous avons d'abord vérifié que ce gaz, soumis à une densité de courant élevée, émet toute une série de raies ultraviolettes intenses surtout dans la région comprise entre 3350 et 3700 angströms.

L'utilisation de cette lampe à néon, en collaboration avec M. Ducourtioux, nous a montré, dans diverses affections susceptibles d'être améliorées par un traitement actinique, une action thérapeutique certaine.

Quelques études faites sur l'action des tubes à néon luminescents sur l'organisme par différents expérimentateurs, notamment par MM. Risler et Philibert [2], H. W. Brown (*Journal of experimental medecine*, 48, n° 1, 1928), ainsi que des essais thérapeutiques réalisés par MM. Zimmern et Hickel [3], ont déjà attiré l'attention sur le spectre rouge orangé du néon.

Nous essaierons de discriminer l'action qui peut être due aux radiations *visibles*, de celle des radiations ultraviolettes de *grandes longueurs d'ondes*, particulièrement intenses avec la lampe de la Société Claude-Lumière.

Ces recherches nous ont conduits, en outre, à des applications intéressantes ; un tube à décharge rempli d'un mélange convenable de néon et de xénon, par exemple, présente, en décharge basse fréquence, à faible densité de courant, la couleur rouge du néon, et en haute fréquence, avec de fortes pulsations de courant, une lumière blanchâtre, résultant de la combinaison des spectres d'étincelle du néon et du xénon. Avec l'addition d'argon et de krypton, il est possible de réaliser des lampes qui donnent, en même temps qu'un spectre serré dans l'ultraviolet, une belle lumière blanche qui ne déforme sensiblement pas les couleurs.

---

(1) Ceci expliquerait notre constatation qu'en haute fréquence, à puissance égale, les appareils à éclateur qui produisent de fortes intensités instantanées donnent de meilleurs résultats que ceux à ondes entretenues.

(2) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1137.

(3) *Bulletin de l'Académie de Médecine*, **105**, 1931, p. 92.

BACTÉRIOLOGIE. — *Les variations du parasitisme bactérien normal chez le* Chaitophorus lyropictus *Kessl.* Note [1] de M. **A. Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

En étudiant [2] le mécanisme de la symbiose chez un Chaitophore de l'Erable dont les caractères morphologiques correspondent à ceux de l'espèce décrite par Kessler sous le nom de *Chaitophorus lyropictus*, nous avons montré que le tube digestif est normalement parasité par un bacille polymorphe qui semble devoir être considéré comme la forme originelle des symbiotes ordinaires de forme arrondie. Poursuivant nos observations chez les femelles ovipares de la génération sexuée d'automne, nous avons constaté l'existence de modifications très curieuses dans la marche du processus infectieux. Ces modifications sont faciles à mettre en évidence sur frottis obtenus par simple dilacération du corps des pucerons sur lame de verre et colorés ensuite au Giemsa. Sur certains frottis, on observe seulement la présence d'éléments bacilliformes plus ou moins trapus présentant la coloration bipolaire; ils mesurent en moyenne de $1^{\mu},5$ à 3^{μ} de long sur 1^{μ} à $1^{\mu},2$ d'épaisseur et sont identiques aux éléments de grande taille observés chez les femelles vivipares de la génération d'été et décrits dans une Note précédente.

Chez d'autres pucerons, on observe, à côté de ces bacilles, des éléments minuscules plus petits encore que ceux observés dans le tube digestif des femelles vivipares; les plus petits mesurent à peine 1^{μ} de long sur $0^{\mu},1$ à $0^{\mu},2$ d'épaisseur; ils présentent la coloration bipolaire comme les bacilles de grande taille; ils sont disposés souvent en amas plus ou moins volumineux. Entre les deux types de bacilles existent des formes de passage. Chez d'autres pucerons enfin, les éléments bacilliformes sont rares ou même manquent complètement; parmi les symbiotes de forme arrondie on en observe de volumineux mesurant jusqu'à 5^{μ} de diamètre et d'autres en forme de coccis mesurant 1 à 2^{μ} de diamètre il existe aussi des formes intermédiaires; les premiers sont colorables en bleu pâle par le Giemsa et paraissent de structure granuleuse; les autres sont colorés en pourpre principalement à la périphérie, la portion centrale apparaissant le plus souvent non colorée au moins chez les éléments les plus petits. Les sym-

(1) Séance du 21 décembre 1931.

(2) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 300.

biotes géants et cocciformes sont identiques à ceux qu'on observe chez le *Chaitophorus aceris*. Sur les frottis où l'on rencontre simultanément les bacilles et les symbiotes arrondis, il est presque impossible de distinguer les plus petits symbiotes cocciformes des coccobacilles courts à coloration bipolaire; morphologiquement, on peut donc les considérer comme dérivant de ces derniers.

L'examen des coupes montre que l'infection du tube digestif, quand elle existe, est beaucoup moins intense que chez les femelles vivipares de la génération d'été. Le tube est sensiblement moins distendu et certaines portions de celui-ci ne renferment qu'un petit nombre d'éléments bacillaires formant une mince couche discontinue sur la bordure interne de la paroi épithéliale. Les mycétocytes sont énormes; les uns sont bourrés de

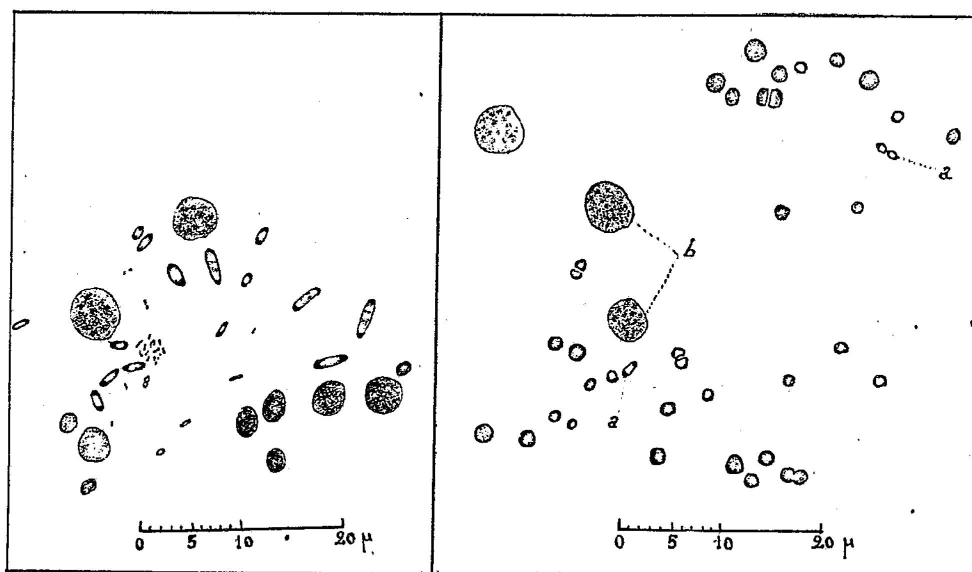


Fig. 1 et 2. — Champs microscopiques dessinés à la chambre claire sur deux frottis de *Chaitophorus lyropictus* colorés au Giemsa. Éléments bacilliformes (*a*) rares dans la figure 1; très abondants et polymorphes dans la figure 2; *b*, symbiotes normaux.

symbiotes géants; les autres, de symbiotes cocciformes. Chez les pucerons dont le tube digestif est en état d'infection, on observe souvent des amas de bacilles plus ou moins volumineux à la surface des mycétocytes. Les frottis et coupes de *Chait. lyropictus* non parasités par des bacilles présentent le même aspect que ceux de *Chait. aceris* ou *Chait. testudinatus*. Il semblerait donc que les trois espèces n'en forment qu'une seule en réalité. On sait que

cette thèse a été défendue autrefois par certains auteurs, en particulier par Buckton.

Des faits nouveaux que nous avons mis en évidence, on pourrait conclure que l'infection du tube digestif, qui est normale chez les pucerons des générations parthénogénétiques d'été, a tendance à régresser ou même à disparaître complètement chez les pucerons de la génération sexuée. Cette régression, dont la cause profonde nous échappe, n'est que la manifestation de réactions d'immunité antimicrobienne de types divers. La disparition des éléments bacilliformes peut être complète; il ne reste alors dans l'organisme que les formes dites symbiotiques vraies localisées dans les mycétocytes. Le processus infectieux aboutit ainsi à un état d'équilibre stable caractérisant la symbiose normale.

HYGIÈNE. — *Nouveau procédé de filtration et de stérilisation permettant d'obtenir une eau bactéricide.* Note [1] de M. **Georges Lakhovsky**, présentée par M. A. d'Arsonval.

Le pouvoir bactéricide de certains métaux, notamment de l'argent, est connu depuis longtemps et dès 1895 M. Vincent a montré que les monnaies métalliques étaient à peu près exemptes de tous les microbes.

En avril 1929 je me suis occupé de la stérilisation de l'eau et des liquides par les circuits en métal en contact direct avec le liquide [2]. Ces essais, qui avaient pour objet de vérifier l'action des métaux sur les microbes selon ma théorie de l'oscillation cellulaire, m'ont permis de constater que des circuits constitués par quelques spires d'argent stérilisent en 24 heures une eau infectée par le colibacille ou par le bacille typhique.

Ce procédé présente l'inconvénient de stériliser l'eau sans la filtrer. Et si l'eau est sale, comme il arrive aux Colonies, elle peut contenir des substances toxiques.

D'autre part le filtre à bougies de porcelaine présente l'inconvénient de laisser passer les virus ultra-filtrants, et même les microbes, par certaines porosités dues aux défauts de fabrication.

Mettant a profit le pouvoir bactéricide de divers métaux, tels que

---

(1) Séance du 21 décembre 1931.

(2) Georges Lakhovsky, *La stérilisation de l'eau et des liquides par les circuits en métal en contact direct avec le liquide* (*Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1069).

l'argent, j'ai imaginé un procédé de stérilisation et de filtration simultanées. En incorporant à la pâte qui sert à fabriquer les bougies filtrantes une quantité convenable de chlorure d'argent, on obtient, après cuisson des bougies à 1200° C. environ pendant 24 heures, une matière poreuse contenant de l'argent très divisé à travers laquelle filtre l'eau.

Après plus de 225 expériences en collaboration avec Nicolas Métalnikov, nous avons pu constater que l'eau ainsi filtrée est non seulement stérilisée, mais devient bactéricide pendant quelques jours.

On pouvait supposer que ce pouvoir bactéricide était dû à de minuscules particules d'argent entraînées par le liquide pendant la filtration. Mais cette hypothèse doit être écartée. De nombreuses analyses de cette eau filtrée n'ont permis de déceler aucune trace d'argent.

J'ai ensuite pensé que le pouvoir bactéricide de l'eau était dû à l'ionisation produite par le contact avec l'argent des minéraux contenus dans l'eau qui forme ainsi pendant la filtration des couples électriques. Cette hypothèse est d'autant plus plausible que la bactéricidité disparaît progressivement à partir du 5e jour environ. Pour vérifier cette hypothèse j'ai chauffé l'eau filtrée au bain-marie à 100° pendant quelques minutes et constaté ensuite qu'elle avait perdu totalement ses propriétés bactéricides.

Pour démontrer que l'ionisation est bien due au contact de l'argent du filtre avec les minéraux dissous dans l'eau, j'ai pensé à faire une autre expérience :

Le degré d'ionisation a été mesuré avec le rouge de phénol en solution au 10e. Les résultats ont été les suivants :

	Eau de robinet.					Eau de robinet filtrée.	
6,8	7	7,2	7,4	7,6	7,8	8	8,2

(*Degrés d'ionisation de l'eau filtrée et non filtrée.*)

Ces résultats prouvent très nettement que la bactéricidité de l'eau est un phénomène physique et non chimique.

L'eau ainsi filtrée est non seulement stérile et d'une pureté absolue mais devient active et bactéricide.

D'autre part, l'eau filtrée, quoique bactéricide, est tout à fait inoffensive pour l'organisme, comme nous l'avons montré en l'utilisant pour alimenter et inoculer pendant plus d'un mois des souris qui ont continué à se porter fort bien.

Les applications d'une telle eau filtrée et bactéricide sont très nom-

breuses : consommation d'une eau très pure et vivante, lavage des légumes salades et fruits pour les stériliser sans chauffage ni produit chimique, emploi en chirurgie et en médecine pour les pansements et lavages des plaies, utilisation pour gargarismes, lutte contre les infections microbiennes des voies digestives : colibacille, typhoïde, etc.

On est toujours sûr d'avoir une eau très pure et exempte de toute bactérie, même si par accident de cuisson ou de fabrication les bougies laissent passer des microbes. En effet ils sont alors tués par l'eau filtrée qui est bactéricide.

On obtient ainsi une eau parfaitement pure à raison de plusieurs litres à la minute sans avoir recours à l'ébullition ni aux traitements chimiques qui rendent généralement l'eau lourde, indigeste ou même toxique et la privent des sels minéraux nécessaires à l'organisme.

La séance est levée à $15^h 35^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 3 novembre 1931.)

Note de MM. *L. Hackspill*, *A. Stieber* et *R. Hocart*, Sur le bore cristallisé :

Page 777, ligne 21, *au lieu de* 3,33, *lire* 2,33.

(Séance du 30 novembre 1931.)

Note de M. *Ladislas Gorczynski*, Maxima de l'intensité du rayonnement solaire observés à Nice et à Thorenc dans les Alpes-Maritimes :

Page 1109, dans le Tableau numérique contenant les maxima mensuels, avant-dernière colonne (Nice 1928-1931), *au lieu de* Octobre 1,39 et Décembre 1,40, *lire* Octobre 1,44 et Décembre 1,43.

(Séance du 28 décembre 1931.)

Note de M. *J.-André Thomas*, Recherches sur les vésicules énigmatiques et les urnes du Siponcle. La reproduction par bourgeonnement :

Page 1464, ligne 13, *au lieu de* en moins de 15 jours, *lire* au moins 15 jours.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 JANVIER 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HYDRODYNAMIQUE. — *Remarques sur un théorème d'Hugoniot relatif à l'écoulement des fluides.* Note de M. E. JOUGUET.

I. Un théorème d'Hugoniot nous a fait connaître le rôle que joue la vitesse du son dans les écoulements permanents des fluides compressibles. Les remarques ci-après, où ce théorème est présenté d'une manière plus générale qu'on ne le fait d'habitude, ont pour objet d'insister sur son importance.

II. *Équations fondamentales.* — Le théorème d'Hugoniot s'applique à un filet fluide et, par extension, à un courant de section finie s'écoulant par tranches. Je me placerai à ce dernier point de vue. Je considérerai un tuyau dont la section ω est donnée en fonction de la longueur l. J'adopterai les hypothèses suivantes : hypothèse des tranches d'après laquelle, dans toute une section ω, l'état mécanique et physique (v vitesse, T température absolue, σ volume spécifique) est le même, hypothèse assurément grossière, mais qui s'est montrée féconde dans l'étude du débit de tuyères et qu'il est intéressant de pousser à fond, dans le but même de marquer ses limites; hypothèse d'un frottement contre les parois, mesuré, pour une tranche dm, par dmv^2, en admettant, pour généraliser un peu ce que supposent Lorentz et Prandtl à ce sujet, que ζ, qui dépend de la forme de la section et est ainsi fonction de l, peut être aussi fonction de l'état du fluide v, σ, T; enfin hypothèse que l'élément dl de paroi cède à l'extérieur, dans l'unité de temps, une chaleur $f\,dl$, f étant lui aussi donné en fonction de l, v, σ, T.

Par ces hypothèses, nous nous plaçons sur le terrain de l'hydraulique.

Mais la partie purement mathématique des remarques qui vont suivre est indépendante des simplifications physiques adoptées.

Les équations du mouvement permanent sont (fluide quelconque) :

$$(1)\qquad \sigma(v\,d\omega + \omega\,dv) - \omega v\,d\sigma = 0 \qquad \text{ou} \qquad \omega v = M\sigma,$$

$$(2)\qquad \sigma\,dp + v\,dv + \zeta v^2\,dl = 0,$$

$$(3)\qquad M(v\,dv + dI) + f\,dl = 0.$$

I, chaleur totale, et p, pression, sont des fonctions de σ, T qu'on peut exprimer au moyen du potentiel thermodynamique interne. Il est alors facile de mettre (1), (2), (3) sous la forme

$$(4)\qquad \frac{dl}{A} = \frac{dv}{B} = \frac{d\sigma}{\sigma\left(\frac{1}{\omega}\frac{d\omega}{dl}A + \frac{1}{v}B\right)} = \frac{dT}{\left(\frac{v^2\zeta}{c} - \frac{f}{Mc} - \frac{T\sigma}{c\omega}\frac{\partial p}{\partial T}\frac{d\omega}{dl}\right)A - \frac{T\sigma}{cv}\frac{dp}{dT}B}.$$

Ces équations admettent une multiplicité de points critiques définie par

$$(5)\qquad \begin{cases} A = \frac{1}{v}\left(1 - \frac{v^2}{\Omega^2}\right) = 0, \\ B = \left(1 + \frac{\sigma}{c}\frac{\partial p}{\partial T}\right)\frac{\zeta v^2}{\Omega^2} - \frac{1}{M\Omega^2}\frac{\sigma}{c}\frac{\partial p}{\partial T}f - \frac{1}{\omega}\frac{d\omega}{dl} = 0, \end{cases}$$

p exprimé en fonction de σ, T; $\Omega(\sigma, T)$ vitesse du son calculée par la formule de Laplace; $c(\sigma, T)$ chaleur spécifique à volume constant.

Remarque. — L'équation (3) peut être remplacée par la suivante, où S désigne l'entropie spécifique

$$(6)\qquad M(T\,dS - \zeta v^2\,dl) + f\,dl = 0.$$

Dans le système (1), (2), (6), qui remplace (1), (2), (3), il est commode de considérer p et T comme exprimés en fonction de σ, S et ce système peut s'écrire

$$(7)\qquad \frac{dl}{TA'} = \frac{dv}{-Tv\frac{1}{\omega}\frac{d\omega}{dl} + Tv^3B'} = \frac{d\sigma}{T\sigma v^2 B'} = \frac{dS}{\left(\zeta v^2 - \frac{\sigma}{\omega v}f\right)A'}.$$

Les points critiques sont définis par les relations suivantes qui coïncident avec (5)

$$(8)\qquad \begin{cases} A' = \Omega^2 - v^2 = 0, \\ B' = \zeta\left(1 + \frac{\sigma}{T}\frac{\partial p}{\partial S}\right) - \frac{\sigma^2}{T\omega v^3}\frac{\partial p}{\partial S}f - \frac{1}{\omega}\frac{d\omega}{dl} = 0, \end{cases}$$

p exprimé en fonction de σ, S ; $\Omega = \sqrt{-\sigma^2 \frac{\partial p}{\partial \sigma}}$, vitesse du son calculée par la formule de Laplace.

III. *Le théorème d'Hugoniot.* — Si le frottement et le refroidissement sont nuls, il n'y a de points critiques que pour $\frac{d\omega}{dl} = 0$ et, en ces points, la vitesse du fluide est égale à celle du son ([1]). C'est le théorème d'Hugoniot. On voit que l'égalité $v = \Omega$ aux points critiques reste vraie, même avec frottement (Lorentz, Prandtl) et avec refroidissement. Mais les points critiques ne sont plus aux maxima et minima de la section.

L'égalité $v = \Omega$ aux points critiques ne doit pas surprendre. Les équations différentielles ordinaires (7) d'un mouvement permanent sont des cas particuliers des équations aux dérivées partielles d'un mouvement quelconque qui s'écrivent, t désignant le temps ([2]),

$$(9) \quad \begin{cases} \sigma\left(v\frac{\partial \omega}{\partial l} + \omega\frac{\partial v}{\partial l}\right) - \omega\left(\frac{\partial \sigma}{\partial t} + v\frac{\partial \sigma}{\partial l}\right) = 0, \\ \sigma\frac{\partial p}{\partial \sigma}\frac{\partial \sigma}{\partial l} + \sigma\frac{\partial p}{\partial S}\frac{\partial S}{\partial l} + \frac{\partial v}{\partial t} + v\frac{\partial v}{\partial l} + \zeta v^2 = 0 \qquad (p \text{ exprimé en } \sigma, S), \\ T\left(\frac{\partial S}{\partial t} + v\frac{\partial S}{\partial l}\right) = \zeta v^3 - \frac{\sigma}{\omega}f. \end{cases}$$

Recherchons les courbes $C[t, l(t), v(t), \sigma(t), S(t)]$ pour lesquelles le théorème de Cauchy relatif à (9) soit en défaut. Il faut, à (9), associer les relations

$$(10) \quad \begin{cases} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{dl}{dt}\frac{\partial v}{\partial l} = \frac{dv}{dt}, \\ \frac{\partial \sigma}{\partial t} + \frac{dl}{dt}\frac{\partial \sigma}{\partial l} = \frac{d\sigma}{dt}, \\ \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{dl}{dt}\frac{\partial S}{\partial l} = \frac{dS}{dt} \end{cases}$$

et exprimer que le déterminant des coefficients de $\frac{\partial v}{\partial t}, \frac{\partial v}{\partial l}, \frac{\partial \sigma}{\partial t}, \frac{\partial \sigma}{\partial l}, \frac{\partial S}{\partial t}, \frac{\partial S}{\partial l}$

([1]) Mais tous les points où $\frac{d\omega}{dl} = 0$ ne sont pas critiques et cela est d'accord avec les remarques de M. Lecornu (*Comptes rendus*, **168**, 1919, p. 481).

([2]) Pour écrire (9), il faut supposer l'énergie interne et l'entropie de la paroi négligeables devant celles du courant. Cette supposition est légitime pour l'exposé de la remarque purement mathématique qui va suivre. D'autre part, on pourrait raisonner sur (4) et non sur (7), mais les calculs seraient un peu plus compliqués.

dans (9), (10) est nul. Ce problème contient évidemment comme cas particulier la recherche des points critiques du mouvement permanent où $\frac{\partial v}{\partial t}$, $\frac{\partial \sigma}{\partial t}$, $\frac{\partial S}{\partial t}$ sont nuls et $\frac{\partial v}{\partial l}$, $\frac{\partial \sigma}{\partial l}$, $\frac{\partial S}{\partial l}$ indéterminés. En somme si l_c, v_c, σ_c, S_c est un point critique, la courbe $C'(t, l_c, v_c, \sigma_c, S_c)$ est une caractérisque de (9).

La vitesse de propagation des ondes est le $\frac{dl}{dt}$ de C. La vitesse de propagation des ondes par rapport à la matière, ou vitesse du son Ω, est $\frac{dl}{dt} - v$. Pour C′, où $\frac{dl}{dt} = 0$, la vitesse v est égale en valeur absolue à Ω.

Effectivement, si l'on écrit que le déterminant de (9) et (10) est nul, on trouve

$$\left(\frac{dl}{dt} - v\right)\left[\left(v - \frac{dl}{dt}\right)^2 + \sigma^2 \frac{\partial p}{\partial \sigma}\right] = 0.$$

Pour le mouvement permanent $\left(\frac{dl}{dt} = 0\right)$, la seule solution qui convienne est

$$v = \pm\sqrt{-\sigma^2 \frac{\partial p}{\partial \sigma}} = \pm\,\Omega.$$

Dans notre problème, la célérité des ondes par rapport à la matière est la vitesse du son calculée par la formule de Laplace parce qu'il n'y a pas d'échange de chaleur entre les tranches successives du fluide. Supposons, au contraire, que les tranches échangent entre elles de la chaleur par conductibilité et admettons, pour simplifier, qu'il n'y a ni refroidissement extérieur ni frottement. Les deux équations (1) et (2) subsistent avec $\zeta = 0$; (3) est remplacé par

$$\frac{1}{M} k\omega \frac{dT}{dl} = \frac{v^2}{2} + I + D,$$

$k(\sigma, T)$ coefficient de conductibilité, D constante.

On a alors

$$\frac{dv}{dl} = -v \frac{\frac{1}{\omega}\frac{d\omega}{dl}\Lambda^2 - \frac{M}{k\omega}\sigma\frac{\partial p}{\partial T}\left(\frac{v^2}{2} + I + D\right)}{\Lambda^2 - v^2}$$

avec p exprimé en σ, T et Λ étant la vitesse du son calculée par la formule de Newton. Aux points critiques, on a $v = \Lambda$ qui est précisément (Duhem) la célérité des ondes quand la conductibilité n'est pas nulle. Ce résultat

s'applique, par exemple, à un problème traité par Rankine ([1]) et à un problème relatif à la propagation des déflagrations ([2]).

On voit que le théorème d'Hugoniot établit un lien entre le problème des caractéristiques des équations aux dérivées partielles et celui des points critiques des équations différentielles ordinaires.

IV. *Nature des points critiques.* — Pour un gaz parfait sans frottement ni refroidissement, on sait que les équations (4) [ou (7)] s'intègrent. Si le tuyau est convergent-divergent, il y a, à la section étroite, un point critique qui est un col et le fonctionnement en tuyère ou en diffuseur se fait par une des courbes intégrales qui passent par le col (Prandtl).

Mais, dans le cas général, les points critiques ne sont pas toujours des cols. Soit par exemple un gaz parfait dont γ est le rapport des chaleurs spécifiques, le refroidissement étant supposé nul et le frottement ζv^2 étant pris égal à $\eta \frac{\chi}{\omega} v^2$ (η constante, χ périmètre de la section ω). ζ est alors une fonction donnée de l. Marquons par un accent la dérivation par rapport à l et par l'indice c le point critique. Ce point est

$$\text{un foyer ou un centre si} \quad (\mathrm{L}\omega)''_c < \gamma\zeta'_c - \frac{\gamma+1}{4}\gamma^2\zeta_c^2,$$

$$\text{un nœud si} \quad \gamma\zeta'_c - \frac{\gamma+1}{4}\zeta_c^2 < (\mathrm{L}\omega)''_c < \gamma\zeta'_c,$$

$$\text{un col si} \quad \gamma\zeta'_c < (\mathrm{L}\omega)''_c.$$

Notamment, si le frottement est nul, il y a un centre aux sections maxima. Si ζ n'est pas nul, la forme de la section joue un rôle : dans un tuyau convergent-divergent, dont la section est un rectangle de largeur constante et très petite vis-à-vis de la hauteur variable, on a deux points critiques dont le premier est un col et dont le second peut être soit un nœud, soit un foyer, soit un centre.

Quand il y a des foyers et des centres, il est généralement très difficile de trouver une courbe intégrale parcourant le tuyau de bout en bout. S'il n'en existe pas, cela veut dire qu'un écoulement régulier approximativement conforme aux hypothèses faites (continuité, tranches) est impossible. Le fluide ne peut traverser le tuyau que par des écoulements irréguliers présentant soit des ondes de choc, comme celles qui ont été mises en évidence par

---

([1]) *Philosophical Transaction*, 160, 1[er] partie, 1874, p. 277.

([2]) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 872; *Mécanique des explosifs*, p. 395 (Doin, 1917).

Stodola, soit des décollements de veine ou des retours de fluide. De tels écoulements sont certainement plus compliqués et plus précaires que les réguliers. C'est principalement quand il y a des alternances de rétrécissements et d'élargissements que les hypothèses de la continuité et des tranches sont ainsi mises en défaut, car c'est principalement dans ce cas que se présentent les centres et les foyers.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur une propriété de l'équation obtenue en égalant à zéro la distance de deux planètes* P, P_1 *qui ne se rencontrent pas en des points réels.* Note de M. **Maurice Hamy.**

Appelons a le demi-grand axe de l'orbite de la planète P, r son rayon vecteur, $e = \sin\psi$ son excentricité, ϖ la longitude de son périhélie, comptée à partir de la ligne d'intersection des plans des orbites, w son anomalie vraie, u son anomalie excentrique. Affectons de l'indice 1 les paramètres analogues, concernant la planète P_1. Désignons enfin par I l'inclinaison mutuelle des plans des orbites et par E la base des logarithmes népériens. L'équation du quatrième degré, en $z = E^{iu}$, obtenue en égalant à zéro la distance des deux planètes, joue un rôle important en mécanique céleste. Dans une précédente Communication [1], j'ai établi que le produit des deux plus grands modules ρ et ρ_1 des racines est, en général, supérieur à $\cot^2\frac{\psi}{2}$. Il en résulte, en supposant $\rho > \rho_1$, que ρ est supérieur à $\cot\frac{\psi}{2}$, avec la réserve, lorsque $I > 0$, que ρ peut devenir égal à $\cot\frac{\psi}{2}$, dans le cas exceptionnel où $\sin(\varpi_1 + w_1)$ devenant nul, le produit $\rho\rho_1$ prend la valeur $\cot^2\frac{\psi}{2}$. La planète P_1 est alors placée sur l'intersection des plans des orbites, dite ligne des nœuds. Je me propose ici de préciser ce qui se passe, dans cette circonstance non examinée à fond antérieurement (*loc. cit.*), en raison de l'espace limité dont je disposais. Comme je l'ai expliqué, λ étant une quantité réelle, les racines de l'équation en z sont de la forme $\rho E^{-i\lambda}$, $\rho_1 E^{i\lambda}$, $\frac{1}{\rho_1}E^{i\lambda}$, $\frac{1}{\rho}E^{-i\lambda}$, et les expressions

$$y_1 = \cos 2\lambda, \qquad y_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{\rho}{\rho_1} + \frac{\rho_1}{\rho}\right), \qquad y_3 = \frac{1}{2}\left(\rho\rho_1 + \frac{1}{\rho\rho_1}\right),$$
$$(-1 < y_1 < 1 < y_2 < y_3)$$

---

[1] *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1357.

sont les trois racines réelles d'une équation du troisième degré en Y dont la plus grande a pour valeur $y_3 = \frac{2}{e^2} - 1$, lorsque

$$\rho\rho_1 = \cot^2\frac{\psi}{2} \qquad \text{et} \qquad \sin(\varpi_1 + w_1) = 0,$$

et quand I n'est pas nul, ce que nous supposerons tout d'abord. Supprimant cette racine y_3, l'équation en Y s'abaisse au second degré et ne possède plus que les racines y_2 et y_1. Elle devient

$$e^2 Y^2 - 2\left[\left(\frac{r_1}{a}\right)^2 \pm 2\frac{r_1}{a}\cos\varpi + e^2\right]Y - 2\left(\frac{r_1}{a}\right)^2 + \left[2\frac{r_1}{a}\cos\varpi \pm e\right]^2 = 0,$$

les signes supérieurs doubles se rapportant au cas $\varpi_1 + w_1 = 0$ et les signes inférieurs à celui où $\varpi_1 + w_1 = \pi$. Pour que ρ soit supérieur à ρ_1, y_2 doit être supérieur à 1. Le premier membre de l'équation doit être négatif, sans être nul, quand on y substitue $Y = 1$, ce qui donne

$$-\left(\frac{r_1}{a}\right)^2 \sin^2\varpi < 0.$$

En conséquence, il faut que le périhélie de la planète P ne se trouve pas sur la ligne des nœuds, c'est-à-dire que son grand axe ne soit pas confondu avec cette ligne, pour que ρ reste supérieur à $\cot\frac{\psi}{2}$ et que ρ_1 soit inférieur à $\cot\frac{\psi}{2}$. On peut dire que c'est toujours ce qui se passe pratiquement, $\sin\varpi$ n'étant jamais rigoureusement nul. Quoi qu'il en soit, il convient d'examiner l'hypothèse $\sin\varpi = 0$ et d'en étudier jusqu'au bout les conséquences. L'équation en Y possède alors la racine $y_2 = 1$ correspondant à $\rho = \rho_1$. Celle qui reste a pour expression

$$y_1 = 2\frac{r_1}{a}\,\frac{\frac{r_1}{a} \pm 2e}{e^2} + 1,$$

en convenant maintenant de prendre le signe supérieur + si la longitude ϖ du périhélie de P et la longitude de la planète P_1, comptées encore à partir de la ligne des nœuds, sont nulles ou égales à π simultanément, et le signe — inférieur lorsque, l'une de ces longitudes étant nulle, l'autre a la valeur π. Représentant un cosinus, y_1 doit être compris entre -1 et $+1$, ce qui exige

$$e^2 < \frac{r_1}{a}\left(\frac{r_1}{a} \pm 2e\right) < 0.$$

L'adoption du signe + conduit à une impossibilité. Les inégalités sont vérifiées l'une et l'autre, au contraire, en prenant le signe — lorsque $r_1 < 2ae$.

L'une des longitudes ϖ et $\varpi_1 + w_1$ est alors égale à zéro, tandis que l'autre a pour valeur π. La planète P_1 est placée sur le grand axe de la planète P, coïncidant alors avec la ligne des nœuds, du côté de l'aphélie de P, par rapport au Soleil. En outre, le second foyer de la planète P doit être extérieur à l'orbite dc la planète P_1 (pour fixer les idées, on peut supposer que la planète P est la plus éloignée du Soleil). C'est là une circonstance qui, ne se présentant presque jamais, dans le problème pratique des perturbations planétaires, vient encore renforcer la nécessité des inégalités $\rho > \cot\frac{\psi}{2}$, $\rho_1 < \cot\frac{\psi}{2}$, sans qu'elles soient susceptibles de devenir des égalités.

Ce qui précède suppose $I > 0$. Il y a lieu maintenant de considérer l'hypothèse $I = 0$. On a vu antérieurement (*loc. cit.*) que $\rho\rho_1$ est alors toujours égal à $\cot^2\frac{\psi}{2}$ et l'on a $y_3 = \frac{2}{e^2} - 1$, quelle que soit la valeur de $\sin(\varpi_1 + w_1)$. Tenant compte de ce fait, pour abaisser le degré de l'équation du troisième degré en Y, elle ne possède plus que les racines y_2 et y_1, et devient

$$e^2 Y^2 - 2\left[\left(\frac{r_1}{a}\right)^2 + 2e\frac{r_1}{a}\cos(\varpi_1 + w_1 - \varpi) + e^2\right] Y$$
$$- 2\left(\frac{r_1}{a}\right)^2 + \left[2\frac{r_1}{a}\cos(\varpi_1 + w_1 - \varpi) + e\right]^2 = 0.$$

Pour que ρ soit supérieur à ρ_1, y_2 ne doit pas descendre à la valeur 1. Le premier membre doit, en conséquence, être négatif et non nul, en y substituant $Y = 1$, ce qui exige

$$-4\left(\frac{r_1}{a}\right)^2 \sin^2(\varpi_1 + w_1 - \varpi) < 0,$$

inégalité toujours vérifiée, quand le sinus n'est pas nul. Si le sinus est nul, y_2 devient égal à 1, ρ à ρ_1, et par suite $\rho = \rho_1 = \cot\frac{\psi}{2}$. La racine y_1 a alors pour expression

$$y_1 = 2\frac{r_1}{a}\frac{\frac{r_1}{a} \pm 2e}{e^2} + 1,$$

le signe + correspondant au cas où $\varpi_1 + w_1 - \varpi = 0$, et le signe — à celui où $\varpi_1 + w_1 - \varpi = \pi$.

En exprimant que y_1, qui représente un cosinus, doit être compris entre -1 et $+1$, on reconnaît que le signe $+$ est à rejeter. Le signe $-$ est au contraire acceptable, à condition que $r_1 < 2ae$. La planète P_1 est alors placée sur le grand axe de la planète P, du côté de son aphélie par rapport au Soleil, et le second foyer de cette dernière planète doit être extérieur à l'orbite de P_1, circonstance tout à fait exceptionnelle, comme je l'ai déjà dit, mais qui n'est pas impossible. Contrairement à ce qui se passe, quand $I > 0$, le périhélie de P n'est plus astreint ici à la condition d'être placé sur la ligne des nœuds et l'on ne peut s'en étonner, puisque cette ligne, indéterminée quand $I = 0$, peut être choisie d'une façon quelconque, par rapport au périhélie de P.

Lorsque $I = 0$ et $\rho = \rho_1 = \cot\frac{\psi}{2}$, les deux racines $\rho E^{-i\lambda}$, $\rho_1 E^{i\lambda}$ ne peuvent devenir égales que si $\lambda = 0$ ou $\lambda = \pi$. On reconnaît, d'après les formules (3) de ma première Communication (*loc. cit.*), que l'hypothèse $\lambda = \pi$ est seule acceptable. Elle exige que le second foyer de P soit sur l'orbite de P_1. Les deux racines de plus grands modules de l'équation en z deviennent l'une et l'autre égales à $-\cot\frac{\psi}{2}$.

Naturellement les deux racines de plus petits modules de l'équation en z jouissent de propriétés parallèles aux précédentes, leurs modules étant inverses de ρ et ρ_1, sans changements d'arguments.

NOMINATIONS.

M. R. **Bourgeois** est désigné pour représenter l'Académie aux fêtes de la commémoration du *trois-centième anniversaire de l'Université d'Amsterdam*, le lundi 27 juin 1932 et quatre jours suivants.

CORRESPONDANCE.

MM. **Gustave Bouffard**, **Edgar-Pierre Tawil** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

L'Industrie chimique en France. Étude historique et géographique, par Paul Baud. (Présenté par M. C. Matignon.)

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Remarque sur les semi-invariants de Thiele.* Note [1] de M. **Paul Qvale**, transmise par M. Émile Borel.

Considérons une loi de distribution x_i, $f(x_i)$ $(i = 0, 1, 2, \ldots, n)$. Alors les semi-invariants λ_r $(r = 0, 1, \ldots)$ de cette loi de distribution sont définis par l'identité en t

$$e^{\lambda_0 + \lambda_1 \frac{t}{1!} + \lambda_2 \frac{t^2}{2!} + \ldots} = \sum_{i=0}^{n} e^{x_i t} f(x_i). \tag{1}$$

On en déduit

$$\lambda_r = D^r_{t=0} \log \sum_{i=0}^{n} e^{x_i t} f(x_i), \tag{2}$$

où $D^r_{t=0}$ signifie la dérivée de l'ordre r par rapport à t pour $t = 0$.

Pour la loi de distribution binomiale

$$f(x) = \binom{k}{x} p^x (1-p)^{k-x} \qquad (x = 0, 1, \ldots, k), \tag{3}$$

on a

$$\lambda_r = D^r_{t=0} \log (p e^t + 1 - p)^k. \tag{4}$$

On doit à M. R. Frisch [2] d'avoir démontré, dans ce cas, la formule suivante :

$$\lambda_r = pq \frac{\partial \lambda_{r-1}}{\partial p}. \tag{5}$$

Nous allons démontrer qu'il existe une formule de récurrence plus générale et valable pour une grande classe de fonctions de distribution, contenant le cas binomial comme cas particulier.

A cet effet, considérons une loi de distribution générale $f(x_i)$, dépendant encore d'un certain nombre de paramètres a, b, ...

De (2) on trouve

$$\lambda_r = D^{r-1}_{t=0} \frac{\sum_{i=0}^{n} x_i e^{x_i t} f(x_i)}{\sum_{i=0}^{n} e^{x_i t} f(x_i)}.$$

---

[1] Séance du 28 décembre 1931.

[2] *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 274.

et

$$\frac{\partial \lambda_{r-1}}{\partial a} = \mathrm{D}_{t=0}^{r-1} \frac{\sum_{i=0}^{n} e^{x_i t} \frac{\partial}{\partial a} f(x_i)}{\sum_{i=0}^{n} e^{x_i t} f(x_i)}.$$

Considérons maintenant les fonctions $f(x_i)$ satisfaisant à l'équation

$$(6) \qquad \sum_{i=0}^{n} e^{x_i t} \frac{\partial}{\partial a} f(x_i) = \alpha \sum_{i=0}^{n} x_i e^{x_i t} f(x_i) + \beta \sum_{i=0}^{n} e^{x_i t} f(x_i),$$

α et β étant indépendantes de t et de x.

Dans ce cas nous aurons

$$(7) \qquad \lambda_r = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial \lambda_{r-1}}{\partial a} \qquad (r = 2, 3, \ldots).$$

L'équation (6) peut s'écrire

$$\sum_{i=0}^{n} e^{x_i t} \left[\frac{\partial}{\partial a} f(x_i) - f(x_i)(\alpha x_i + \beta) \right] = 0$$

ou

$$\frac{\partial}{\partial a} f(x_i) = (\alpha x_i + \beta) f(x_i)$$

qui nous donne

$$(8) \qquad \frac{\partial}{\partial a} \log f(x_i) = \alpha x_i + \beta.$$

Considérons quelques exemples de la fonction f. Pour la loi binomiale (3) on a

$$\frac{\partial}{\partial p} \log f(x) = \frac{x}{pq} - \frac{k}{q},$$

c'est-à-dire $\alpha = \frac{1}{pq}$, $\beta = -\frac{k}{q}$, de là suit le cas particulier (5).

Dans le cas de la loi de Poisson, on a

$$f(x) = \frac{\varkappa^x e^{-\varkappa}}{x!} \qquad (x = 1, 2, \ldots)$$

et

$$\frac{\partial}{\partial \varkappa} \log f(x) = \frac{x}{\varkappa} - 1$$

donc

$$(9) \qquad \lambda_r = \varkappa \frac{\partial \lambda_{r-1}}{\partial \varkappa}.$$

De la loi de Pascal :

$$f(x)=\frac{(1-q)^{k+1}}{k!}\frac{(k+x)!}{x!}q^x \qquad (x=1,2,\ldots),$$

on déduit

$$\frac{\partial}{\partial q}\log f(x)=\frac{x}{q}-\frac{k+1}{1-q},$$

$$(10) \qquad \lambda_r=q\frac{\partial\lambda_{r-1}}{\partial q}.$$

Pour les lois de distribution $f(x_i)$ suffisant à l'équation aux différences, qui a été introduit dans la matière des statistiques mathématiques par M. A. Guldberg (¹),

$$f(x+1)=a\frac{(x-\alpha_1)(x-\alpha_2)\ldots(x-\alpha_n)}{(x-\beta_1)(x-\beta_2)\ldots(x-\beta_m)}f(x),$$

avec la solution

$$f(x)=\omega_x a^x\frac{\Gamma(x-\alpha_1)\Gamma(x-\alpha_2)\ldots\Gamma(x-\alpha_n)}{\Gamma(x-\beta_1)\Gamma(x-\beta_2)\ldots\Gamma(x-\beta_m)},$$

ω_x étant une fonction périodique avec la période 1 on trouve

$$\frac{\partial}{\partial a}\log f(x)=\frac{x}{a},$$

et par conséquent

$$(11) \qquad \lambda_r=a\frac{\partial\lambda_{r-1}}{\partial a}.$$

De (8) on déduit la forme générale de notre fonction $f(x_i)$ qui donne lieu à l'équation (7)

$$(12) \qquad f(x_i,a,b,\ldots)=\Phi_1(x_i,b,\ldots)e^{\int\beta\,da}e^{x\int\alpha\,da}$$
$$=\Phi_1(x_i,b,\ldots)\Phi_2(a,b,\ldots)[\Phi_3(a,b,\ldots)]^x,$$

Φ_1, Φ_2 et Φ_3 étant des fonctions quelconques.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur divers problèmes de géométrie infinitésimale abordés directement.* Note de M. **Georges Bouligand**, présentée par M. Élie Cartan.

I. Relative à l'espace euclidien E_3, la présente Note établit d'abord les théorèmes de Meusnier et d'Euler sur des bases géométriques, procédant de la théorie des ensembles.

(¹) Voir *Skandinavisk Aktuarietidschrift*, 14, 1931, p. 43 et 167.

Un continu S dont le paratingent en chaque point M est tout entier dans un plan $p(M)$ sera dit une variété PROPREMENT SUPERFICIELLE, si les environs de M sur S, projetés sur $p(M)$, recouvrent dans ce plan les environs de M (¹). Nous énoncerons, en même temps que leurs conséquences immédiates, les hypothèses suivantes :

a. Pour une telle S, au point M, sont bornées les courbures des demi-cercles, dont une extrémité est en M, l'autre étant sur la normale Mz, et dont un point M' est sur S, à une distance $< \varepsilon$ de Mz; par suite, en appelant C_ε l'ensemble de ces demi-cercles et $\{\varepsilon_n\}$ une suite décroissante évanescente, l'ensemble *de limite et d'accumulation*, au sens de Janiszewski (²), des C_{ε_n}, qui sera dit CONTINGENT DE COURBURE NORMALE en M à S (en abrégé : CCN) sera formé de demi-cercles à courbures bornées dans leur ensemble; distancions deux de nos demi-cercles en posant

$$d^2 = (c' - c'')^2 + \alpha^2,$$

α étant l'angle géométrique des demi-plans, c', c'' les inverses des cotes des centres par rapport au plan tangent Mxy, ce qui revient à figurer ces demi-cercles, dans leurs demi-plans, par les points de cotes c', c'', du cylindre circulaire Γ de rayon 1, d'axe Mz. Les fermetures des C_{ε_n} sont représentées sur Γ par des continus K_n, bornés, emboîtés, ayant en commun un continu K figurant le CCN; les portions des K_n et de K entre deux demi-plans méridiens quelconques sont elles-mêmes des continus

b. *Il n'y a qu'un demi-cercle* γ *du* CCN *par demi-plan*, ou encore : K est une ligne $c = f(\omega)$ sur Γ; dès lors, dans tout le champ de variation de l'angle polaire ω, les cotes des K_n tendent uniformément vers $f(\omega)$; en outre, soit φ_2 la fonction homogène du second degré $(x^2+y^2)f(\omega)$, on a pour S, autour de M, la représentation

$$2z = \varphi_2(x, y) + (x^2+y^2)\,\varepsilon(x, y), \tag{1}$$

ε possédant la continuité simultanée en (x, y) et s'annulant à l'origine.

De la réalisation de a, b en un seul point M de S, qui légitime la représentation (1), on déduit ce théorème : *pour chaque demi-tangente* $M\Delta$, *le*

(¹) G. BOULIGAND, *Sur les surfaces dépourvues de points hyperlimites* (*Ann. Soc. Pol. Math.*, 9, 1930, p. 32).

(²) S. JANISZEWSKI, *Sur les continus irréductibles entre deux points* (*Thèse*, Paris, 1911, p. 15-16).

CONTINGENT CIRCULAIRE *de* S, au sens de M. G. Rabaté (¹), *comprend les sections planes, tangentes à* MΔ, *de la sphère dont le centre est celui du demi-cercle du* CCN *tangent en* M *à* MΔ. Si ce dernier se réduit à une droite, il en est de même de tous ceux du contingent circulaire non situés dans le plan tangent. On reconnaît le THÉORÈME DE MEUSNIER, dont l'énoncé est seulement adapté à notre point de vue.

Si a, b sont réalisées *sur toute une région de* S, la fonction de courbure normale admettant la continuité simultanée par rapport à M et MΔ, j'ai démontré que φ_2 est nécessairement de la forme $ax^2 + 2bxy + cy^2$, ce qui entraîne le THÉORÈME D'EULER.

II. En second lieu, il s'agira de critères permettant d'affirmer que certains continus sont des courbes, dans un esprit apparenté aux importantes recherches de M. André Marchaud (²). Soit K un continu borné. Si chaque triangle ayant ses sommets sur K possède un angle dépassant $90° + \alpha$, où α est un angle aigu, arbitrairement petit, fixé d'avance, K est un arc simple rectifiable, admettant, autour de chaque point, une représentation $y = f(x)$, $z = g(x)$, les fonctions f, g étant à nombres dérivés bornés. Si de plus le fait pour les côtés du triangle de tendre vers zéro rend infiniment petits deux des angles, on montre que K est une ligne à tangente continue, sans rebroussement. La démonstration consiste, pour le premier énoncé, à prouver qu'en chaque point M de K (limite commune de deux sommets du triangle, le troisième A restant fixe) le plan perpendiculaire à AM est exclu du paratingent (³); pour le second énoncé, à montrer que le paratingent ne peut contenir plus d'une droite (⁴); c'est notamment le cas d'un continu tel que le rayon du cercle circonscrit à un triangle ayant ses sommets sur ce continu surpasse toujours une longueur fixe.

(¹) G. RABATÉ, *Sur les notions originelles de la Géométrie infinitésimale directe* (*Thèse*, Toulouse, 1931).

(²) A. MARCHAUD, *Sur les courbes rectifiables à indicatrice sphérique continue* (*Bull. des Sc. math.*, 2ᵉ série, **52**, 1928, p. 304); *Sur une propriété topologique des courbes de Jordan* (*Mathematica*, **4**, 1930, p. 137); *Extensions de la notion de continu d'ordre borné* (*Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 807).

(³) G. RABATÉ, *loc. cit.*, p. 45; BOULIGAND, *Applications de la théorie des ensembles à la Géométrie infinitésimale* (*Bull. Intern. de l'Acad. Polon. des Sc. et des L.*, série A, 1930, p. 411).

(⁴) G. RABATÉ, *loc. cit.*, p. 45.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les décompositions des fonctions uniformes* (1). Note de M. N. **Aronszajn**, présentée par M. J. Hadamard.

Soit $f(z)$ une fonction uniforme et holomorphe dans tout le plan P_z de la variable z (2), sauf aux points d'un ensemble fermé F — dit ensemble singulier de $f(z)$.

Nous entendons par là que la fonction $f(z)$ cesse d'être uniforme ou holomorphe dans tout domaine plus grand que $P_z - F$ [$=$ domaine d'holomorphie de $f(z)$]. Par exemple, pour $f(z) = \frac{1}{1-e^z}$, l'ensemble F est composé des points : $0, \pm 2\pi i, \ldots, \pm 2\pi i n, \ldots, \infty$; pour la fonction $f(z) = \log\left(1 - \frac{1}{z}\right)$ on peut prendre $F =$ le segment $[0,1]$ de l'axe réel, mais on pourrait aussi bien prendre une autre coupure quelconque allant de 0 à 1, même par l'infini [dans la suite il sera nécessaire de considérer comme différents les fonctions $f(z)$ obtenues d'une même fonction multiforme par différents système de coupures].

Nous pouvons toujours supposer que l'ensemble singulier F est borné en ramenant, le cas échéant, l'étude de la fonction $f(z)$ à celle de la fonction $f\left(a + \frac{1}{z}\right)$, où le point a appartient au domaine d'holomorphie de $f(z)$.

Enfin nous supposons encore que l'ensemble F ne contient aucun point intérieur (par rapport au plan P_z).

Cette supposition ne représente à vrai dire aucune restriction, parce que les considérations qui vont suivre sont valables aussi pour les fonctions $f(z)$ qui dans les différents composants du domaine $P_z - F$ sont égales à différentes fonctions (différentes dans le sens qu'elles ne forment pas le prolongement l'une de l'autre). Par exemple, si l'on a une fonction $\varphi(z)$ holomorphe pour $|z| < 1$ et ayant la circonférence $|z| = 1$ pour coupure, on peut la considérer comme fonction conforme à nos suppositions en posant, pour $|z| > 1$, $\varphi(z) = \Psi(z)$, où $\Psi(z)$ est une fonction arbitraire holomorphe dans tout le domaine $|z| > 1$.

Considérons maintenant une décomposition

$$f(z) = f_1(z) + f_2(z) \tag{1}$$

(1) Voir ma Note précédente, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1381, sous le même titre, où je m'occupe d'un problème de M. Fréchet. Les considérations de la présente Note sont indépendantes de la Note précédente.

(2) Le point à l'infini y inclus.

valable dans tout le domaine d'holomorphie de la fonction $f(z)$. Il en résulte immédiatement que les ensembles singuliers F_1 et F_2 des fonctions $f_1(z)$ et $f_2(z)$ satisfont de leur côté à la relation

$$F = F_1 + F_2. \tag{2}$$

On peut démontrer le théorème suivant :

Théorème. — *Pour tout couple d'ensembles fermés* F_1 *et* F_2 *satisfaisant à* (2), *il existe un couple de fonctions* f_1 *et* f_2, *aux ensembles singuliers* F_1 *et* F_2, *satisfaisant à* (1). *S'il y a deux décompositions*

$$f(z) = f_1(z) + f_2(z) = \varphi_1(z) + \varphi_2(z)$$

convenant aux conditions du théorème, les fonctions correspondantes $f_1(z)$ *et* $\varphi_2(z)$ *resp.* $f_2(z)$ *et* $\varphi_2(z)$ *diffèrent d'une fonction ayant un ensemble singulier compris dans* $F_1 F_2$ (*donc, si* $F_1 F_2$ *sont disjoints, la décomposition* (1) *est déterminée complètement à une constante près*).

M. M. Fréchet a démontré ce théorème dans le cas spécial où F_2 est la fermeture $\overline{\mathcal{E}}$ d'un ensemble $\mathcal{E}=$ une somme d'ensembles isolés dans F et $F_1 = F - \mathcal{E}$ (*Acta math.*, 54). C'est en généralisant la démonstration de M. Fréchet que j'ai trouvé l'énoncé ci-dessus qui me semble être la solution la plus complète de la question y considérée. Dans ma démonstration, je m'appuie sur le lemme suivant :

Lemme. — Soit G un ensemble ouvert (dans le plan P_z) dont la frontière C est formée par un nombre fini de courbes simples fermées de Jordan, disjointes et rectifiables. Soient encore $L_1, \ldots, L_m$ des arcs (ou courbes fermées) disjoints, compris dans $C(P_z - F)$ et $L'_1, \ldots, L'_n$ les arcs (ou courbes fermées) complémentaires de C. Dans ces conditions, en considérant la fonction

$$p(x) = \sum_{k=1}^{m} \int_{L_k} \frac{f(z)}{z-x} dz,$$

on obtient que dans le plan P_z muni des coupures $L'_1, \ldots, L'_x$, la fonction $p(z)$ est holomorphe en dehors de $\overline{G}$, prolongeable à l'intérieur de G (par des chemins passant par $L_1, \ldots, L_m$) et y possède les mêmes singularités que $f(z)$, c'est-à-dire que $p(z) \to f(z)$ est prolongeable (par les chemins considérés) et uniforme dans tout l'intérieur de G.

Comme application de notre théorème, indiquons par exemple le résultat suivant :

Toute fonction $f(z)$ holomorphe à l'intérieur du cercle $|z| < 1$, ayant la circonférence $|z| = 1$ pour coupure, peut être décomposée en somme de deux fonctions $f_1(z)$ et $f_2(z)$ qui possèdent pour ensembles singuliers (dans tout le plan P_x) l'une, un arc quelconque de la circonférence $|z| = 1$, l'autre, l'arc complémentaire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques théorèmes sur les développements orthogonaux.* Note (¹) de M. **W. Orlicz**, présentée par M. Élie Cartan.

On dit que $\{\varphi_\nu(x)\}$ est un système orthogonal de fonctions dans (a, b) si

$$\int_a^b \varphi_\nu(x)\varphi_\mu(x)\,dx = \begin{matrix} 1 \text{ pour } \nu=\mu, \\ 0 \text{ pour } \nu\neq\mu. \end{matrix}$$

Une série formelle $\sum_{\nu=1}^{\infty} a_\nu\varphi_\nu(x)$ est dite le développement de $f(x)$ suivant le système $\{\varphi_\nu(x)\}$ lorsque $a_\nu = \int_a^b f(x)\varphi_\nu(x)\,dx$. Le système $\{\varphi_\nu(x)\}$ est *complet* dans le champ (L^α) des fonctions $f(x)$ qui, élevées à la $\alpha^{\text{ième}}$ puissance $(\alpha \geqq 1)$, sont sommables, si la relation $\int_a^b f(x)\varphi_n(x) = 0$, pour tout n, entraîne $f(x) = 0$ presque partout.

En étudiant les systèmes orthogonaux, j'ai établi récemment les théorèmes suivants (valables pour des classes de systèmes très généraux).

Théorème 1. — *Soit* $\{\varphi_\nu(x)\}$ *un système orthogonal, tel que* $|\varphi_\nu(x)| \leqq K$. *Il existe alors une fonction continue* $g(x)$ *telle que, en définissant par* $\{a_\nu\}$ *la suite des coefficients de la fonction* $g(x)$ *suivant* $\{\varphi_\nu(x)\}$, *la série* $\sum_{\nu=1}^{\infty} |a_\nu|^{2-\varepsilon}$ *diverge quel que soit* $\varepsilon > 0$.

Théorème 2. — *Si pour un système orthogonal* $\{\varphi_\nu(x)\}$ *la série*

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} \varphi_\nu^2(x) \qquad (1)$$

diverge dans un ensemble de mesure positive, il existe une fonction continue $g(x)$ *pour laquelle la série des coefficients* $\sum_{\nu=1}^{\infty} |a_\nu|$ *est divergente.*

Remarque. — Pour tout système $\{\varphi_\nu(x)\}$ complet dans le champ (L^2) la série (1) diverge presque partout.

Théorème 1'. — *Soit* $\{\varphi_\nu(x)\}$ *un système orthogonal, complet dans* (L^1) *et tel que* $|\varphi_\nu(X)| \leqq K$. *Il existe pour toute série* $\sum_{\nu=1}^{\infty} c_\nu^2$ *divergente une suite* $\{a_\nu\}$

(¹) Séance du 4 janvier 1932.

majorée par $\{c_\nu\}$ (*c'est-à-dire* $|a_\nu|\leqq|c_\nu|$) *telle que la série* (2) $\sum_{\nu=1}^{\infty} a_\nu\varphi_\nu(x)$ *n'est pas le développement d'une fonction intégrable.*

THÉORÈME 2'. — *Si le système orthogonal* $\{\varphi_\nu(x)\}$ *est complet dans* (L^1), *il existe une suite* $\{a_\nu\}$ *tendant vers zéro, telle que la série orthogonale* (2) *n'est pas le développement d'une fonction intégrable.*

Pour les systèmes *incomplets* les théorèmes 1', 2' ne sont pas en général *vrais*. Quant aux démonstrations des théorèmes précédents, il est à remarquer qu'en se servant de la méthode des opérations linéaires on peut réduire les théorèmes 1', 2' aux théorèmes 1, 2; d'autre part ces derniers résultent aisément du lemme suivant :

Lemme fondamental. — S'il existe, pour une suite $\{f_\nu(x)\}$ de fonctions intégrables, une constante M telle que, pour des indices arbitraires n_1, n_2, ..., $n_r (n_i \neq n_j)$, on ait

$$\int_a^b |f_{n_1}(x)+f_{n_2}(x)+\ldots+f_{n_r}(x)|\,dx \leqq M,$$

la série $\sum_{\nu=1}^{\infty} f_\nu^2(x)$ est presque partout divergente.

Enfin on prouve aisément les propositions suivantes :

THÉORÈME 3. — *Pour tout système orthogonal* $\{\varphi_\nu(x)\}$ *complet dans* (L^2) *il existe une suite numérique* $\{c_\nu\}$, $c_\nu \to 0$, *telle que la série*

$$\sum_{\nu=1} c_\nu\varphi_\nu(x) \tag{3}$$

est presque partout divergente.

THÉORÈME 4. — *Si* $|\varphi_\nu(x)|\leqq K$, *il existe une suite* $\{c_\nu\}$, $c_\nu \to 0$, *telle que la série* (3) *diverge dans un ensemble de mesure positive.*

Remarque. — Dans les théorèmes 3, 4, on peut remplacer la convergence ordinaire par la sommation suivant une méthode linéaire sommatoire absolument arbitraire.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions étoilées et les ensembles du type maximum.* Note [1] de M. **René de Possel**, présentée par M. J. Hadamard.

1. Rappelons que l'on appelle *domaine étoilé* ou *étoile* par rapport à l'origine un domaine du plan de la variable complexe tel que tout segment joignant l'origine à un point du domaine y est contenu en entier. Une fonction $w = f(z)$ régulière pour $|z| < 1$, avec $f(0) = 0$, est dite *étoilée* dans le cercle unité lorsqu'elle en représente conformément l'intérieur sur une étoile de centre origine dans le plan w. (Pour les propriétés des *fonctions étoilées*, voir W. Seidel, *Math. Ann.*, 104, p. 203 à 208.)

Théorème I. — *Lorsque r tend vers un, $f(re^{it})$ a uae limite que nous désignerons par $f(e^{it})$ et qui peut être infinie.* $\arg f(e^{it})$ *est une fonction monotone non décroissante, et $|f(e^{it})|$ est une fonction toujours égale à ses limites inférieures à droite et à gauche.*

Désignons par F la famille des fonctions $f(z)$ étoilées dans le cercle $|z| < 1$, avec $f(0) = 0$, $f'(0) = 1$. Convenons de considérer deux fonctions monotones comme *équivalentes* lorsqu'elles ne diffèrent que d'une constante en tous leurs points de continuité.

Théorème II. — *Il y a correspondance biunivoque entre, d'une part, les fonctions $f(z)$ de la famille* F, *et, d'autre part, les systèmes de fonctions monotones équivalentes $\lambda_f(t)$ définies pour $0 < t < 2\pi$, et vérifiant la condition $\lambda_f(2\pi - 0) - \lambda_f(+0) \leqq 2\pi$. En tout point de continuité de $\lambda(t)$, on a l'égalité*

$$\lambda_f(t) = \arg f(e^{it}) + \text{const.}$$

De plus, si une suite $f_n(z)$ de fonctions de F *converge vers une fonction $f(z)$ de* F, *la suite $\lambda_n(t)$ correspondant aux f_n converge vers la fonction $\lambda(t)$ correspondant à f, et cela en tout point de continuité de $\lambda(t)$, et à condition de choisir convenablement les constantes arbitraires dont dépendent les λ_n et λ.*

Théorème III. — *Soit $r_{t\theta}$ la distance des points d'argument t et θ de la circonférence unité* C. *On a, pour toute valeur de θ.*

$$\operatorname{Log} |f(e^{i\theta})| = \frac{1}{\pi} \int_C \operatorname{Log} \frac{1}{r_{t\theta}} d\lambda_f(t).$$

---

[1] Séance du 4 janvier 1932.

(On pose $\lambda_f(-0) = \lambda_f(2\pi - 0) - 2\pi$, et C est mis pour $0 \leqq t < 2\pi$). Les deux membres peuvent être ∞.

THÉORÈME IV. — *Deux fonctions $f(z)$ et $g(z)$ de la famille* F *satisfont à*

$$\int_C \operatorname{Log} |f(e^{it})| \, d\lambda_g(t) = \int_C \operatorname{Log} |g(e^{it})| \, d\lambda_f(t).$$

Les deux membres peuvent être infinis. La démonstration utilise l'intervention de deux intégrations successives au sens de Stieltjes.

2. Soit Δ un ensemble de Borel ([1]) situé sur C. Désignons par $\Phi_\Delta^\star$ la famille des fonctions de F pour lesquelles $|f(e^{it})|$ atteint son maximum R_Δ en tout point de Δ ([2]). Dans le cas où Δ est un ensemble d'intervalles ouverts, la famille $\Phi_\Delta^\star$ est formée des fonctions étoilées contenues dans la famille Φ_Δ définie dans ma Note précédente A ([3]). Or, d'après A, pour que Δ soit du type maximum, il faut et il suffit que Φ_Δ ne contienne pas d'autre fonction étoilée que z. Généralisant la notion de *type maximum*, *nous dirons qu'un ensemble de Borel Δ appartient à ce type si la famille $\Phi_\Delta^\star$ ne contient que z.*

Désignons par F_Δ la famille des fonctions de F pour lesquelles l'accroissement de λ_f est concentré sur l'ensemble Δ ([4]). Soient $f(z)$ une fonction de la famille F, et m_f la borne inférieure de $f(e^{i\theta})|$ sur l'ensemble Δ. Soient, d'autre part, $g(z)$ une fonction de F_Δ, et M_g la borne supérieure des valeurs que prend son module sur C. Comme conséquence du théorème IV, je démontre l'inégalité $m_f \leqq M_g$. En désignant par $\overline{m_\Delta}$ la borne supérieure des nombres m_f relatifs à toutes les fonctions $f(z)$ de la famille F, et par $\underline{M_\Delta}$ la borne inférieure des nombres M_g relatifs à toutes les fonctions $g(z)$ de F_Δ, on obtient l'inégalité $\overline{m_\Delta} \leqq \underline{M_\Delta}$. D'où le

THÉORÈME V. — *Une condition suffisante pour que Δ soit du type maximum est* $\underline{M_0} = 1$.

Autrement dit, il suffit qu'il existe une fonction $\lambda(t)$ dont l'accroissement

([1]) Aussi appelé ensemble *mesurable*-B.

([2]) On montre aisément que l'ensemble des points où $|f(e^{it})|$ atteint son maximum est l'intersection d'une infinité dénombrable d'ensembles ouverts. On peut donc ne considérer les familles $\Phi_\Delta^\star$ que pour ces ensembles.

([3]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 42.

([4]) L'accroissement d'une fonction monotone se définit d'abord sur un intervalle ouvert et sur un intervalle fermé, puis, par une série de passages à la limite, sur un ensemble de Borel quelconque.

soit concentré sur Δ et telle que l'on ait, quel que soit θ :

$$\left|\frac{1}{\pi}\int_C \log\frac{2}{r_{t\theta}}\,d\lambda(t)\right| < \varepsilon.$$

Je montre qu'on peut trouver de telles fonctions $\lambda(t)$ lorsque la condition suivante est vérifiée :

Recouvrons $C - \Delta$ *au moyen d'intervalles fermés* I_k, *en nombre fini ou non, sans points intérieurs communs. Soit* T *un intervalle quelconque de longueur égale au plus grand des* I_k. *Formons la somme*

$$\sum_{I_k = T} m(I_k)\log\frac{1}{m(\Delta . I_k)},$$

étendue aux intervalles I_k *recouverts par* T, *et prenons sa borne supérieure quand* T *varie sur le cercle. La condition est alors la suivante : on peut effectuer le recouvrement précédent de façon que cette borne supérieure soit inférieure à un nombre* ε *arbitrairement petit.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la convergence des séries d'Hermite.* Note de M. E. **Kogbetliantz**, présentée par M. Émile Borel.

Le développement de $f(x)$ en série de polynomes d'Hermite

$$H_n(x) = e^{x^2}(e^{-x^2})^{(n)},$$

$$(1) \qquad f(x) \sim \sum_0^\infty c_n H_n(x), \qquad \text{où} \quad 2^n n!\, c_n\sqrt{\pi} = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-u^2} f(u)\, H_n(u)\, du$$

peut diverger partout dans $(-\infty, +\infty)$, si $|f(x)|$ croît trop rapidement quand $|x| \to \infty$. Nous avons donné [1] une condition suffisante de *convergence* de (1) relative à l'allure de $f(x)$ à l'infini : *si le produit* $|x|^{-1} e^{-\frac{x^2}{2}} |f(x)|$ *est intégrable dans* $(-\infty, -a)$ *et* (a, ∞), *la série* (1) *converge partout où sont remplies les conditions usuelles de convergence imposées à l'allure de* $f(x)$ *au voisinage du point considéré.*

Par exemple, le fait que $f(x) = O\left(|x|^{-\varepsilon} e^{\frac{x^2}{2}}\right)$ pour $|x| \to \infty$ assure la convergence quelque petit que soit $\varepsilon > 0$. On sait d'autre part que la condi-

---

[1] *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1697.

tion $f(x) = O\left(|x|^\alpha e^{\frac{x^2}{2}}\right)$ ne suffit point pour assurer la convergence de (1) quelque petit que soit $\alpha > 0$. On le voit par exemple avec la fonction suivante (*loc. cit.*) :

$$\varphi(x) = |x|^\alpha e^{\frac{x^2}{2}} \sum_{m=1}^{\infty} m^{-2} \sin\left[x\sqrt{2^{m+1}} - \frac{\pi x}{2}\right] = O\left[|x|^\alpha e^{\frac{x^2}{2}}\right]$$

dont la série (1) diverge au point $x = 0$ quelque petit que soit $\alpha > 0$. Le but de cette Note est l'étude de la condition

$$f(x) = O\left(e^{\frac{x^2}{2}}\right) \qquad (|x| \to \infty). \tag{2}$$

Soit $k(u) = 2^{u^3}$ et considérons la série d'Hermite de la fonction

$$F(x) = -\frac{\pi x}{8|x|} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^2} \frac{H_{2k(m)+1}(x)}{4^{k(m)}\Gamma[k(m)+1]}.$$

Cette série s'écrit

$$F(x) \sim \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n c_n}{4^n n!} H_{2n}(x) \tag{3}$$

où

$$c_n = \sum_{\lambda=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda^2} \frac{1}{2k(\lambda) - 2n + 1} \frac{\Gamma\left[k(\lambda) + \frac{3}{2}\right]}{\Gamma[k(\lambda)+1]}.$$

Vu que

$$H_n(x)\sqrt{n} = O\left[e^{\frac{x^2}{2}}\sqrt{2^n n!}\right]$$

quel que soit x, on constate que $F(x)$ vérifie la condition (2). L'étude de la somme partielle $s_{2n} = s_{2n+1}$ du développement (3) au point $x_0 = 0$

$$s_{2n} = s_{2n+1} = 2\int_0^{\infty} e^{-u^2} F(u) S_{2n}(0, u)\, du, \tag{4}$$

où $S_n(x, u)$ désigne la $n^{\text{ième}}$ somme partielle de la série-noyau

$$0 \sim \frac{1}{\sqrt{\pi}} \sum_0^{\infty} \frac{H_n(x) H_n(u)}{2^n n!} \qquad (x \neq u),$$

prouve que la contribution due dans le second membre de (4) à l'intervalle $(0, \varepsilon)$ entourant le point $x_0 = 0$ tend vers zéro avec $\frac{1}{n}$ et la convergence

de (3) pour $x = x_0 = 0$ dépend ainsi uniquement de l'allure de $F(x)$ à l'infini. Étudions la suite partielle $s_{2k(n)}$ extraite de celle $\{s_n\}$. Vu que l'on a

$$(5)\quad \frac{\pi}{2}\int_0^\infty e^{-u^2} H_{2n+1}(u)\, H_{2m+1}(u)\,\frac{du}{u} = \begin{cases} (-1)^{m+n}4^{m+n}m!\,n!\log\left|\dfrac{\sqrt{n}+\sqrt{m}}{\sqrt{n}-\sqrt{m}}\right|[1+o(1)] \\ \qquad (n \neq m), \\ 4^{2n}(n!)^2\log n[1+o(1)] \qquad (n = m), \end{cases}$$

on trouve

$$\sigma_m^{(n)} = \frac{\pi}{8}\int_0^\infty \frac{e^{-u^2} H_{2k(m)+1}(u)\, H_{2k(n)+1}(u)}{4^{k(m)+k(n)}\Gamma[k(m)+1]\Gamma[k(n)+1]}\,\frac{du}{u} = O(1)$$

pour $n \neq m$, tandis que, pour $m = n$,

$$\sigma_n^{(n)} = n^2\log 2 + O(1)$$

et cela suffit pour établir que l'on a

$$8\, S_{2k(n)} = \sqrt{\pi}\sum_1^\infty \frac{\sigma_m^{(n)}}{m^2} = (n+1)\sqrt{\pi}\log 2 + O(1);$$

donc

$$\lim_{n=\infty} S_{2k(n)} = \infty.$$

On vérifie (5) à l'aide de la relation

$$H_{n+1}(x) + 2x\, H_n(x) + 2n\, H_{n-1}(x) = 0,$$

en utilisant la formule $(n \neq m)$

$$2(n-m)\int_0^\infty e^{-u^2} H_m(u)\, H_n(u)\, du = H_{n+1}(0)\, H_m(0) - H_n(0)\, H_{m+1}(0).$$

Ainsi la série (3) diverge au point $x = 0$ et cela prouve que *la condition (2) n'assure point la convergence de la série d'Hermite de $f(x)$.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la détermation des fonctions holomorphes dans des domaines donnés.* Note [1] de M. N. **Abramesco**, transmise par M. Émile Borel.

On représente une fonction holomorphe dans un domaine (D) par une série $f(z) = \Sigma a_n z^n$, sans donner une expression d'où l'on pourrait voir que

---

[1] Séance du 28 décembre 1931.

cette fonction est valable seulement dans ce domaine. Dans ce qui suit nous construisons une fonction holomorphe représentée par une série de polynomes, qui est valable seulement à l'intérieur d'un domaine (D) limité par une courbe donnée (C).

1. Soit

$$(1) \qquad Z = \frac{a}{Z} + \varphi(Z), \qquad \varphi(Z) = a_1 Z + a_2 Z^2 + \ldots + a_n Z_n + \ldots,$$

la transformation conforme qui fait correspondre le domaine extérieur à une courbe donnée (C) au domaine intérieur au cercle $|Z| = r$, la fonction $\varphi(Z)$ étant holomorphe à l'intérieur du cercle de rayon $r = \dfrac{1}{\overline{\lim}\sqrt[n]{|a_n|}}$. Considérons les polynomes $P_n(x)$ donnés par les relations de récurrence d'ordre infini

$$(2) \qquad a P_{n+1}(x) = x P_n(x) - a_1 P_{n-1}(x) - \ldots - a_{n-1} P_1(x) + (n+1) a_n,$$

$$P_0 = 1, \qquad P_1 = -\frac{x}{a}, \qquad a P_2 - x P_1 = 2 a_1, \; \ldots.$$

On sait ([1]) que ces polynomes admettent la fonction génératrice

$$(3) \qquad \frac{Z\varphi'(Z) + \varphi(Z) - x}{a + Z\varphi(Z) - Zx} = P_1 + Z P_2 + \ldots$$

ou

$$\frac{-\dfrac{a}{Z^2} + \varphi'(Z)}{\dfrac{a}{Z} + \varphi(Z) - x} = -\frac{1}{Z} + P_1 + Z P_2 + \ldots$$

et que

$$\overline{\lim}\sqrt[n]{|P_n(x)|} = \frac{1}{|Z|}, \qquad x = \frac{a}{Z} + \varphi(Z).$$

Considérons une série de polynomes $\Sigma A_n P_n(x)$, $P_n(x)$ étant donnés par les relations (2), ou par la fonction génératrice (3) et les coefficients A_n tels que $\overline{\lim}\sqrt[n]{|A_n|} = \frac{1}{l}$, $l < r$. Les courbes de convergence de ces séries sont données par

$$|p(x)| = l, \qquad |p(x)| = \overline{\lim}\sqrt[n]{|P_n(x)|}, \qquad |p(x)| = \lim \frac{P_{n+1}}{P_n},$$

([1]) N. Abramesco, *Sulle relazioni ricorrenti di ordine infinito* (*Bolletino dell'Unione Mat. Italiana*, 4, IV, 1925, p. 155).

et donc, dans le cas considéré, la courbe (C) de convergence est

$$x = \frac{a}{Z} + \varphi(Z), \qquad \frac{1}{|Z|} = l,$$

et la série est valable seulement à l'intérieur de cette courbe. Donc

$$f(x) = \Sigma A_n P_n(x)$$

est une fonction holomorphe à l'intérieur du domaine (D) limité par la courbe (C).

En employant les séries de M. Appell suivant les inverses des polynomes $P_n(x)$, la fonction

$$f(x) = \sum A_n P_n(x) + \sum \frac{B_n}{P_n(x)},$$
$$\overline{\lim} \sqrt[n]{|A_n|} = \frac{1}{l}, \qquad \overline{\lim} \sqrt[n]{|B_n|} = l'$$

est valable dans la région intérieure à la courbe (C), extérieure à la courbe (C') et extérieure à la courbe (c) où sont les racines des polynomes $P_n(x)$, (C) et (C') étant les courbes qui correspondent aux valeurs

$$|Z| = \frac{1}{l}, \qquad |Z| = \frac{1}{l'}$$

par la transformation (1).

2. On peut encore construire des fonctions holomorphes dans des domaines limités par des courbes définies par $\lim \left| \frac{P_{n+1}}{P_n} \right| = |p(z)|$, $z = \varphi(Z)$. Considérons un cas exceptionnel des polynomes de Laguerre, qui admettent la fonction génératrice

$$e^{\frac{\alpha z}{1-\alpha}} = (1-\alpha) \Sigma \alpha^n P_n(z).$$

Prenant la dérivée par rapport à α, et égalant les coefficients de α^n, on trouve la relation de récurrence de Poincaré

$$(n+1)P_{n+1} - (z + 2n + 1)P_n + n P_{n-1} = 0.$$

Pour $n \to \infty$,

$$\lim \frac{P_{n+1}}{P_n} = \lambda, \qquad \psi(\lambda) = \lambda^2 - 2\lambda + 1 = 0, \qquad \psi(1) = 0, \qquad \psi'(1) = 0, \qquad \lim \frac{P_{n+1}}{P_n} = 1.$$

Changeant n en $n+1$, substituant dans la relation trouvée

$$P_{n+1} = P_n \left(1 - \frac{\beta}{\sqrt{n}} - \frac{\gamma_n}{n}\right), \qquad P_{n+2} = P_n \left(1 - \frac{\beta}{\sqrt{n+1}} - \frac{\gamma_{n+1}}{n+1}\right) \left(1 - \frac{\beta}{\sqrt{n}} - \frac{\gamma_n}{n}\right),$$

et faisant après $n \to \infty$, on trouve $\beta^2 = z$. Les courbes de convergence de ces séries $\Sigma A_n P_n(z)$ dans ce cas exceptionnel $\left(\frac{A_{n+1}}{A_n} \to 1, \frac{P_{n+1}}{P_n} \to 1\text{, indépendant de } z\right)$ sont données par la partie réelle de $\beta =$ const. et posant $\beta = u + iv$, $z = x + iy$, on déduit de $\beta^2 = z$,

$$y^2 + 4u^2x - 4u^4 = 0 \qquad (u = \text{const.}),$$

qui représentent des paraboles avec le foyer à l'origine.

Nous avons donc obtenu à l'aide des polynomes de Laguerre des fonctions holomorphes $f(z) = \Sigma A_n P_n(z)$ à l'intérieur des paraboles; ce à quoi on pouvait s'attendre, car les polynomes de Laguerre sont des polynomes orthogonaux donnés par

$$\int_0^\infty e^{-x} x^k P_n(x)\, dx = 0 \qquad (k = 0, 1, \ldots, n-1),$$

et l'on sait que les courbes de convergence des séries de polynomes orthogonaux, donnés par

$$\int_a^b \varphi(x) P_m(x) P_n(x)\, dx = 0 \qquad (m \lessgtr n),$$

sont des ellipses de foyers a et b, et dans notre cas $b \to \infty$.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur l'iriscope de Reade et l'aptitude des surfaces solides et liquides à se laisser mouiller par l'eau.* Note [1] de M. **Marcel Guillot**, présentée par M. Jean Perrin.

Pour réaliser l'iriscope de Reade [2] on sait qu'il suffit d'étaler en couche mince et régulière une solution aqueuse de savon sur une plaque de verre, de laisser sécher, puis de frotter doucement avec un linge fin sec, de manière à bien polir la surface de la pellicule de savon. Si l'on exhale alors de la vapeur d'eau au travers d'un tube large et court, et qu'on examine la surface en lumière réfléchie, on voit apparaître des anneaux irisés à l'endroit où la vapeur d'eau s'est condensée. Ces anneaux sont

(1) Séance du 9 novembre 1931.

(2) Joseph Reade, *Philosophical Mag.*, 17, 1840, p. 32.

cernés d'un bord externe sombre et présentent, de l'extérieur à l'intérieur, la succession des teintes des anneaux à centre noir de Newton. Brewster, qui a étudié leurs propriétés optiques (¹), constate qu'elles sont celles de franges localisées dans le plan d'une lame mince, de même indice que l'eau pure, et en contact optique apparent avec le verre sous-jacent.

En fait l'expérience réussit très aisément avec des substances très diverses comme les acides lactique et stéarique, le lactate d'éthyle, le glycérol, le cholestérol, le sclaréol, l'huile de cèdre et l'huile de lin. Elle réussit également, mais à la condition de diluer la substance dans un solvant volatil convenable (alcool, éther, etc.), avec les acides benzoïque, phénylacétique, camphorique, le chlorure de benzyle, le citronellal, le camphre, le menthol, le terpinol, le naphtalène, le blanc de baleine, l'essence de niaouli, l'huile d'olive, etc. Avec certaines autres substances le phénomène est différent. La vapeur d'eau se condense en une buée, qui se rassemble ensuite en gouttes plus ou moins grosses, roulant à la surface du verre sans le mouiller (alcool caprylique, salicylate de méthyle, cyanure de benzyle, bromure d'isopropyle, α-bromonaphtalène, nitrobenzène, huiles d'amandes douces et d'œillette, etc.).

J'ai constaté d'autre part que certaines surfaces solides ont spontanément la même propriété que l'iriscope, sans qu'il soit nécessaire de les enduire préalablement d'une couche superficielle de substance intermédiaire. C'est le cas du verre quand sa surface est absolument propre : section d'un morceau fraîchement cassé, ou verre fraîchement fondu, soufflé, puis rapidement refroidi à l'abri des souillures. Dans ces deux cas la vapeur d'eau se condense à la surface en une lame irisée. Après qu'elle s'est évanouie par évaporation, on peut recommencer l'expérience au même point un grand nombre de fois. Observée au microscope en lumière réfléchie, la lame présente une surface lisse continue, son épaisseur optique varie d'un point à un autre sans discontinuités. Les propriétés optiques sont celles que Brewster a observées dans le cas de l'iriscope au savon. Il est certain qu'il ne peut s'agir ici que d'une lame d'eau liquide pure.

Il en résulte que ce phénomène fournit un criterium expérimental très simple de la « mouillabilité » d'une surface de verre. H. Devaux (²) a pro-

(¹) Brewster, *Philosophical Trans. Soc. Lond.*, 131, 1841, p. 43.
(²) H. Devaux, *Journ. Phys.*, 6ᵉ série, 4, 1923, p. 293.

posé une autre technique d'appréciation du degré de mouillabilité, d'après les résultats de laquelle il considère comme très mouillables le verre flambé et le verre décapé au mélange sulfochromique.

Or le verre flambé suivant les indications de cet auteur n'a pas les propriétés de l'iriscope : la vapeur d'eau s'y condense en buée ; toutefois chacune des gouttelettes qui constituent cette dernière prend, en s'évaporant l'aspect d'une lame mince à franges très visibles. Quant au verre décapé au mélange sulfochromique concentré bouillant, puis rincé et séché, il ne possède les propriétés de l'iriscope qu'en certains points, et seulement si le décapage a été prolongé (plus d'une demi-heure). Le criterium de Devaux indique donc seulement une mouillabilité incomplète. Seules les surfaces de verre obtenues par cassure, ou fusion, ou décapage profond à l'acide fluorhydrique, sont parfaitement mouillables, puisque l'eau qui s'y condense s'étend spontanément en une lame mince continue.

D'autres corps solides que le verre peuvent fournir des surfaces spontanément mouillables ayant les propriétés de l'iriscope. Les surfaces fraîches de clivage d'un grand nombre de cristaux de substances minérales sont dans ce cas (mica, gypse, sulfates de fer, de cuivre, alun de potassium, nitrate neutre de bismuth, nitrate d'argent, chlorure, chlorate, carbonate et pyrophosphate de sodium, phosphate disodique, oxalate d'ammonium, ferricyanure et bichromate de potassium etc.). Même résultat avec des substances organiques (saccharose, hydrate de chloral, acides citrique, tartrique etc.). Avec les substances solubles, on n'obtient la lame irisée que d'une manière très fugitive, et une seule fois, sous forme d'un voile coloré qui balaye rapidement la surface. L'expérience est au contraire négative avec les métaux, la pyrite etc., ainsi qu'avec certaines substances organiques, comme le thymol. D'autre part la cassure fraîche de certaines gommes ou résines à aspect vitreux présente la propriété de l'iriscope (gomme arabique, aloès etc.), tandis que celle de beaucoup d'autres ne la présente pas (colophane, sandaraque, copal, mastic, etc.).

Enfin des surfaces liquides peuvent avoir la même propriété : la condensation de la vapeur d'eau à la surface des huiles de cèdre, de cade, de lin, d'olive, d'arachide, fournit une très belle lame irisée d'eau. On peut même l'obtenir en exhalant avec précaution la vapeur d'eau sur une lame mince irisée d'huile de cèdre produite par extension d'une goutte sur une surface d'eau. Il semble bien qu'on obtienne alors, dans certaines conditions, une lame d'huile et une lame d'eau superposées, ce qui implique que les deux

faces de la lame mince d'huile de cèdre sont parfaitement mouillables, en opposition avec les règles énoncées par Devaux (1).

ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'évaporation cathodique dans un champ magnétique.* Note de MM. E. HENRIOT et O. GOCHE, présentée par M. Villard.

Lorsqu'une cathode est frappée par un afflux, elle subit une évaporation de nature confuse, les atomes de la cathode partant dans toutes les directions comme dans le cas d'une évaporation thermique. Nos expériences antérieures sur l'engagement des atomes dans les faisceaux cathodiques (2) nous ont suggéré d'essayer de produire ce phénomène d'engagement à partir d'une cathode froide. Les prévisions que nous avions faites à ce sujet se sont vérifiées. Nous avons placé l'appareil à évaporation cathodique dans un champ magnétique et nous avons observé que dans ces conditions une partie des atomes subit l'évaporation confuse, une autre partie est dirigée par le champ magnétique. L'appareil est disposé comme dans la figure 1, C est une cathode métallique plane, A est une anode formant une boîte parallélipipédique munie d'une fente F; les atomes sont recueillis sur un écran E de verre ou de métal. Il se forme sur cet écran un dépôt de matière qui dessine une projection à bords nets de la fente F parallèlement au champ magnétique. La figure 2 montre deux dépôts correspondant à deux directions du champ magnétique.

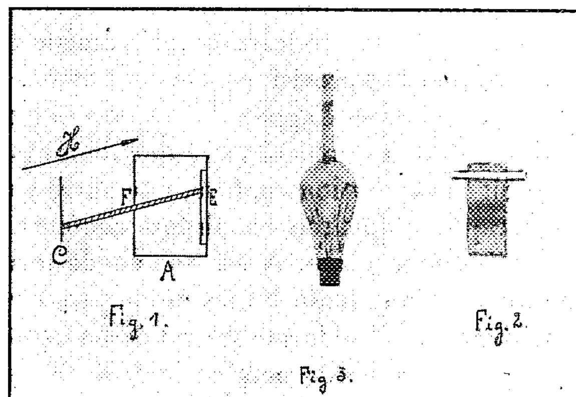
Ces expériences ont été répétées avec de nombreux métaux et métalloïdes (Ag, Cu, Sn, Zn, Pb, As, Sb, Si) et ont reproduit chaque fois le phénomène. Si l'on traite l'écran E par les dissolvants habituels du métal de la cathode, le faible dépôt dû à la vaporisation confuse se dissout intégralement, le dépôt dû à la vaporisation dirigée laisse presque toujours un résidu relativement abondant, brun par transparence, insoluble dans l'acide chlorhydrique, l'acide nitrique, l'eau régale. Nous avons été longtemps intrigués par le fait que ce résidu avait toujours le même aspect quel que fût le métal de la cathode. L'explication de ce fait nous a été fournie par l'expérience suivante :

Cas du carbone. — Une cathode en carbone donne uniquement l'évaporation dirigée et pas d'évaporation confuse dans les conditions de l'expé-

(1) H. DEVAUX, *Journ. Phys.*, 6e série, 4, 1923, p. 184 S; 7e série, 2, 1931, p. 237.

(2) E. HENRIOT, O. GOCHE, Mlle J. DONY-HÉNAULT, *Journal de Phys.*, 2, I, 1931, p. 1-11

rience. D'autre part, la pression dans le tube à décharge contenant de l'hydrogène baisse assez vite. Le mécanisme du phénomène est vraisemblablement le suivant : le carbone est peu volatil thermiquement, il l'est donc peu cathodiquement ([1]), les tensions utilisées sont trop faibles pour donner l'évaporation confuse, mais suffisantes pour combiner le carbone à l'hydrogène de l'afflux ([2]), le composé formé, dissocié par le faisceau cathodique à l'endroit où les électrons ont pris de la vitesse, redonne du carbone qui est immédiatement engagé dans le faisceau et donne le dépôt brun d'aspect analogue à celui dont nous parlions plus haut.



Dans le cas où la cathode est faite d'un métal quelconque, le carbone présent à l'état d'impureté dans la cathode ou dans le gaz finira toujours par se retrouver dans le dépôt dirigé où il s'accumule; il s'y trouve en proportion exceptionnelle. Il y a là une véritable séparation du carbone des métaux ou des métalloïdes qui le contiennent comme impuretés. Ceci pourrait être utilisé comme méthode très sensible pour déceler la présence du carbone, qualitativement tout au moins.

Des expériences ont été faites par l'un de nous sur d'autres cathodes donnant des composés volatils (Si, As, Bi, Sb, Te), les résultats en seront publiés prochainement.

La figure 3 représente l'évaporation exactement dirigée par un champ magnétique d'un filament de lampe en carbone lorsqu'on utilise celui-ci comme cathode froide dans l'hydrogène.

([1]) A. von Hippel, *Annalen der Physik*, n° 25, 1926, p. 1043.
([2]) A. Güntherschültze, *Zsch. f. Phys.*, 36, 1926, p. 563.

ÉLECTRONIQUE. — *Augmentation de l'absorption des rayons β dans les molécules présentant certaines liaisons entre atomes.* Note de MM. **Georges Fournier** et **Marcel Guillot**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons montré [1], [2] que le coefficient massique d'absorption $\frac{\mu}{\rho}$ des rayons β du Ra(D + E) dans un corps simple métallique de numéro atomique N peut être mis sous la forme

$$\frac{\mu}{\rho} = 15 + 0,142.\text{N}. \quad (1)$$

Nous avons poursuivi l'extension de cette relation :

1° A des métaux;

2° A des métalloïdes;

3° A des corps composés binaires.

Pour les corps simples, nous désignerons par coefficient calculé celui qui est donné par la relation (1). Pour les corps composés nous comparerons les coefficients d'absorption observés expérimentalement à ceux qu'on peut calculer par une simple loi d'additivité en admettant pour les éléments constituants les coefficients calculés par la relation (1).

Résultats. — 1° *Métaux ;*

Symbole.	N.	$\frac{\mu}{\rho}$ calculé.	$\frac{\mu}{\rho}$ observé.
Li	3	15,43	15,4
Gl	4	15,57	15,6
Ti	22	18,12	18,1
Zr	40	20,68	20,8

Ces métaux vérifient la relation (1), comme les autres métaux étudiés antérieurement, et le graphite.

2° *Métalloïdes :*

Symbole.	N.	$\frac{\mu}{\rho}$ calculé.	$\frac{\mu}{\rho}$ observé.
C (diamant)	6	15,85	17,7
Si (cristallisé)	14	17,27	18,53

Ces métalloïdes ne vérifient pas la relation (1), comme les autres métalloïdes déjà étudiés (sauf le graphite).

---

(1) Georges Fournier, *Thèse*, Paris, 1927.

(2) Georges Fournier et Marcel Guillot, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 555.

3° *Corps composés* (étudiés sous forme de poudres cristallines) :

a. Corps présentant un écart négligeable entre le coefficient observé et le coefficient calculé comme il a été dit plus haut.

Groupe A :

	$\frac{\mu}{\rho}$ calculé.	$\frac{\mu}{\rho}$ observé.		$\frac{\mu}{\rho}$ calculé.	$\frac{\mu}{\rho}$ observé.
NaF	16,43	16,4	AgBr	20,95	20,9
NaCl	17,08	17,1	KI	21,39	21,2
KCl	17,56	17,6	MgO	16,48	16,5
AgCl	20,62	20,6	CuO	18,52	18,5
KBr	19,22	19,2			

b. Corps présentant un écart considérable entre les coefficients observé et calculé.

Groupe B :	$\frac{\mu}{\rho}$ calculé.	$\frac{\mu}{\rho}$ observé.	Groupe C :	$\frac{\mu}{\rho}$ calculé.	$\frac{\mu}{\rho}$ observé.
SiC	16,65	18,1	ZnS (würtzite)	18,62	21,5
Cu^2O (cuprite)	18,79	21,9	ZnO (zincite)	18,65	20,5
ZnS (blende)	18,62	20,7	AgI	22,14	24,8

Ces résultats nous conduisent à formuler les remarques suivantes :

Remarques. — 1° *Dans les cas où il y a un écart, le coefficient d'absorption observé est toujours plus grand que le coefficient calculé,* aussi bien pour les métalloïdes que pour les corps composés.

2° Un même corps peut se comporter différemment suivant la forme allotropique sous laquelle il est étudié : on trouve $\frac{\mu}{\rho} = 20,7$ pour la blende, 21,5 pour la würtzite; $\frac{\mu}{\rho} = 20,9$ pour le phosphore blanc, 20,2 pour le phosphore rouge (²); $\frac{\mu}{\rho} = 15,8$ pour le carbone-graphite, 17,7 pour le carbone-diamant. L'absorption n'est donc pas une propriété purement atomique et une différence de structure moléculaire peut amener une augmentation d'absorption.

3° Le coefficient observé pour le brome liquide est beaucoup plus élevé que le coefficient calculé : 23,0 au lieu de 19,97 [1]. Cependant le coefficient calculé, introduit dans les formules d'additivité concernant KBr et AgBr, donne pour ces corps un très bon accord avec le coefficient expérimental. Il existe donc dans le brome liquide, et non dans ses composés KBr

(¹) Georges Fournier et Marcel Guillot, *loc. cit.*

et AgBr, des liaisons entre atomes produisant une augmentation de l'absorption.

4° On est donc amené à penser que, quand des phénomènes dus à la structure moléculaire n'interviennent pas, les métalloïdes satisfont comme les métaux à la relation (1). C'est le cas de Br dans KBr, AgBr, de Cl dans NaCl, KCl, AgCl, de F dans NaF, de I dans KI, de O dans MgO, CuO. La restriction ci-dessus une fois faite, on peut envisager l'extension de la relation (1) à tous les éléments ([1]).

5° Les corps composés du groupe A, présentant une absorption normale, sont isomorphes et cristallisent dans le système du sel gemme (réseau ionique). Les corps du groupe B qui cristallisent dans le système de la blende — comme d'ailleurs le diamant et le silicium, — et les corps du groupe C (type würtzite) présentent une augmentation d'absorption. On pourrait donc être amené à établir une relation entre la structure cristalline et l'augmentation d'absorption. Mais comme cette dernière a été également observée pour les liquides (brome, phosphore blanc fondu, liquides organiques), elle semble plutôt due à la nature des liaisons entre atomes. Il est remarquable de ce point de vue que le phosphore blanc, qu'il soit solide ou liquide, a le même coefficient d'absorption, 20,9, très différent du coefficient calculé 17,13.

6° Il semble que, pour les corps que nous avons étudiés, l'on ait additivité simple des coefficients calculés par la formule (1) dans le cas d'atomes unis par des liaisons hétéropolaires, et que l'augmentation d'absorption corresponde à la présence de liaisons homopolaires. En se plaçant à ce point de vue on est amené à rapprocher l'augmentation d'absorption des rayons β de l'effet Raman.

Effectivement les résultats de Krishnamurti ([2]) sur les halogénures alcalins cristallisés, eaux de Bhagavantam ([3]) sur les corps simples solides (C diamant, S, P blanc), peuvent être mis en parallèle avec ceux que nous avons obtenu sur les mêmes substances : l'effet Raman n'a pas pu être mis en évidence avec les corps qui présentent une absorption normale vis-à-vis des rayons β. Le spectre Raman existe au contraire pour les corps qui présentent une augmentation d'absorption, dans les limites de nos expériences.

([1]) Pour les éléments dont le numéro atomique dépasse 50, la méthode ne permet pas la mesure expérimentale du coefficient d'absorption. Cf. ([1]), p. 171.

([2]) KRISHNAMURTI, *Indian Journal of Physics*, 5, II, 1930, p. 113.

([3]) BHAGAVANTAM, *Ind. Journ. Phys.*, 5, I, 1930, p. 35; VI, 1930, p. 573.

OPTIQUE. — *Sur l'application de la fluorescence aux mesures photométriques dans l'ultraviolet.* Note (1) de MM. **André Chevallier** et **Pierre Dubouloz**, présentée par M. A. Desgrez.

MM. J. et J.-F. Thovert (2) ont proposé d'utiliser les cellules photo-électriques à paroi de verre pour détecter les radiations de courtes longueurs d'onde. Le procédé consiste à recouvrir cette paroi d'une couche mince de substance fluorescente agissant comme un changeur de fréquence de radiations. Nous avons réalisé ce dispositif et nous nous sommes proposé de rechercher les facteurs susceptibles de permettre l'utilisation de cette méthode pour les mesures photométriques dans l'ultraviolet.

Cette utilisation nous paraît légitime. En effet, l'intensité de la fluorescence est proportionnelle, pour une longueur d'onde déterminée, à l'énergie de la radiation excitatrice, et, d'autre part, le courant photo-électrique varie en raison directe de la quantité de lumière reçue.

La première des conditions consiste donc à employer une source dont l'émission soit aussi constante que possible. Le tube de Chalonge et Lambrey (3) nous a permis d'y satisfaire, en prenant toutefois la précaution de placer sur son circuit d'alimentation un système permettant de régulariser la tension aux bornes et de la ramener à une valeur invariable. La seconde a trait à l'amplification du courant photo-électrique au moyen d'une triode à forte pente. Il est nécessaire d'étudier, non seulement pour le type choisi, mais encore pour la lampe même qui sera utilisée, les valeurs optima à donner à la résistance de fuite, à la tension-plaque, à la tension-grille, et au chauffage du filament. Au moyen de la loi du carré des distances, on peut vérifier la fidélité de l'amplification du courant photo-électrique et sa constance dans les limites extrêmes d'utilisation.

Lorsque ces conditions sont réalisées, il ne reste plus qu'à placer entre le tube de Chalonge et Lambrey et la cellule photo-électrique un monochromateur en quartz, qui permet d'explorer le spectre continu de l'hydrogène depuis 5000 jusqu'à 1900 Å, et l'on peut alors, pour les diverses régions, examiner le rôle de la substance fluorescente placée sur la paroi de verre de la cellule.

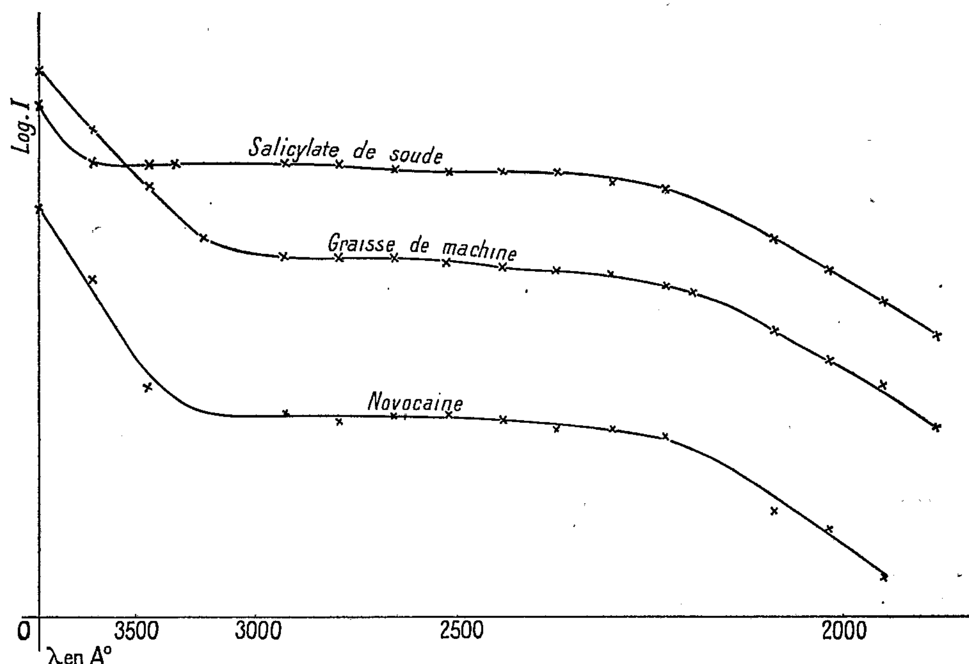
---

(1) Séance du 28 décembre 1931.

(2) J. et J.-F. Thovert, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 731.

(3) Chalonge et Lambrey, *Revue d'Optique*, 8, 1929, p. 332.

Ainsi que l'indiquent MM. J. et J.-F. Thovert, il est nécessaire de choisir un corps fluorescent adapté a la sensibilité chromatique de la cellule. Avec les cellules que nous avons employées, qui sont des cellules au potassium nous avons étudié les corps de fluorescence bleu violet : hydrocarbures (graisse de machine, vaseline), novocaïne, salicylate de soude, etc. Les



Le logarithme de l'intensité du courant photo-électrique en fonction de la longueur d'onde.

courbes ci-dessus montrent que la substance de beaucoup la plus intéressante est le salicylate de soude.

Il convient de tenir compte, dans l'établissement de cette couche sensibilisante, de son épaisseur et de sa texture. En effet, dans la zone comprise entre environ 3900 et 1900 Å, la cellule est excitée uniquement par la fluorescence du corps appliqué sur sa paroi. Mais pour des longueurs d'onde plus grandes, cette fluorescence ne se produit plus ; c'est alors la lumière qui a traversé la couche sensibilisante et la paroi de verre qui impressionne la cathode et produit le courant photo-électrique. On conçoit que celui-ci dépende de la nature du verre de la paroi, de l'épaisseur et de la texture de la couche sensibilisante, et que, dans cette région, les résultats ne soient pas comparables d'une préparation à l'autre.

Les meilleurs résultats sont obtenus avec un mélange de dextrine et de salicylate de soude, qui forme une sorte d'émulsion. Déposée en mince couche sur la paroi de verre de la cellule, cette émulsion, en séchant, donne une pellicule cristallisée très homogène.

Dans ces conditions on obtient un fléchissement peu marqué de l'intensité au niveau de la zone de raccordement des deux parties du spectre (région de 3900 à 4000 Å) et, pour tout l'ultraviolet plus lointain, une intensité très régulière due à l'excitation par la fluorescence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre Raman de quelques carbures cyclohexaniques.* Note de MM. **Marcel Godchot**, **Étienne Canals** et Mlle **Germaine Cauquil**, présentée par M. M. Delépine.

Nous avons comparé les spectres Raman de quelques carbures cyclohexaniques, tels que le cyclohexane, le méthylcyclohexane, les trois diméthylcyclohexanes, soit entre eux, soit avec celui de l'hexane normal.

Le spectrographe que nous avons utilisé, ouvert à $\frac{f}{3}$, a une dispersion linéaire de 20 à 50 unités Å au millimètre. Grâce à sa luminosité nous pouvions opérer sur de petites quantités de liquide et utiliser une fente assez fine. La source de lumière était une lampe en quartz à vapeur de mercure. L'intervalle spectral observé est compris entre 4080 et 5100 Å. La précision des mesures est au moins égale à 1 Å. Le tableau ci-après résume l'ensemble de nos déterminations précédées de celles données pour le cyclohexane ([1]) et suivies de celles données pour l'hexane ([2]), moyennes des mesures effectuées par d'autres chercheurs.

L'examen de ce tableau nous permet de tirer les conclusions suivantes :

A. Les raies Raman trouvées par nous pour le cyclohexane sont en parfait accord avec celles données par d'autres auteurs ; quelques-unes d'entre elles, telles que les raies 379-425, ne nous ont pas paru suffisamment nettes sur nos clichés pour être signalées par nous.

B. Le dérivé mono-méthylé du cyclohexane et les trois dérivés diméthylés fournissent dans leur ensemble un spectre Raman très voisin de celui du cyclohexane. Notons cependant les différences suivantes :

([1]) Kohlrausch, *Der Smekal-Raman Effekt*, p. 337.

([2]) Kohlrausch, *loc. cit.*, p. 305.

Raies Raman (en cm^{-1}).

1.	379	425	800	-	-	-	1028	1156	1267	1350	1441	2660	2695	2858	2887	2920	2935
2.	-	-	801	-	-	-	1029	1165	1268	1346	1440	-	-	2854	-	2926	2933
3.	392	444	775	845	896	971	1038	1167	1266	1352	1446	-	-	2854	-	2924	2943
4.	412	493	726	-	952	1004	1078	1167	1260	1363	1447	-	-	2853	-	2925	2952
5.	422	548	{740 771} doublet	-	957	993	1064	1167	1260	1346	{1444 1460} doublet	-	-	2872	-	2928	2969
6.	385	458	{760 770} doublet	-	951	999	1061	1167	1260	1355	1457	-	-	2845	-	2928	2962
7.	{320 360}	-	823	-	897	-	1040	1148	-	1331	-	-	2731	2862	-	-	2941

1. Cyclohexane (2); 2. Cyclohexane; 3. Méthylcyclohexane; 4. Orthodiméthylcyclohexane; 5. Métadiméthylcyclohexane; 6. Paradiméthylcyclohexane); 7. Hexane (3).

1° Dans la région spectrale où se trouvent les raies relatives aux liaisons C-C, la substitution dans le cyclohexane d'un ou deux ($-CH^3$) produit un déplacement de la raie 801 du cyclohexane; de 801, elle passe à 775 pour le méthylcyclohexane, 726 pour l'orthodiméthyl avec épaississement, puis elle devient un doublet 740-771 pour le métadiméthyl et un doublet 760-770 pour le paradiméthylcyclohexane.

2° Certaines raies fines de faible intensité, comprises entre 800 et 1000, non signalées dans le cylohexane, apparaissent dans les dérivés méthylés, leur fréquence paraissant augmenter avec le nombre des substitutions.

C. Les raies Raman de l'hexane normal et les raies Raman des carbures cyclohexaniques étudiés par nous-mêmes sont assez voisines; cependant, les raies (425-458) (1268-1260) (2926-2928) n'apparaissent seulement que dans les spectres de ces derniers.

Il semblerait donc que les raies (425-458) et surtout les raies plus nettes (1268-1260) constitueraient dans la région des liaisons C-C, une des caractéristiques du noyau cyclohexanique, puisqu'elles n'existent pas dans le spectre de l'hexane.

D. La raie (1440-1457) des composés cyclohexaniques étudiés se retrouve dans l'hexane; elle caractérise en effet les groupements CH^2 comme l'ont déjà remarqué d'autres chercheurs. Signalons toutefois que la raie 1440 s'épaissit avec le nombre de substitutions et devient même un doublet dans le cas du métadiméthylcyclohexane.

E. Dans la région des liaisons C-H, rien de particulier à signaler, lorsqu'on examine les raies des différents carbures comprises entre 2845 et 2969 cm^{-1}.

CHIMIE MINÉRALE. — *Dissolution et hydratation de la chaux vive en présence de sulfate de chaux.* Note de M. **Henri Lafuma**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'extinction de la chaux vive est accompagnée d'une augmentation considérable du volume apparent; ce foisonnement est, comme l'a fait remarquer M. Le Chatelier, un phénomène général qui se produit toutes les fois que l'eau agit sur un corps pour s'y combiner sans dissolution préalable (action de la vapeur d'eau sur le plâtre, de l'eau liquide sur la chaux vive, la magnésie, l'anhydride borique, etc.).

Le foisonnement et la vitesse d'hydratation de la chaux vive sont fortement atténués quand l'extinction se fait en présence de sulfate de chaux. Ferrari (*Revue des matériaux de construction*, août 1927, p. 276) explique ce fait par la formation transitoire d'un oxysel (sulfate basique) qui se décomposerait ensuite pour donner l'hydrate de chaux cristallisé. Cette hypothèse ne paraît nullement nécessaire : on peut expliquer l'atténuation du foisonnement de la chaux vive en admettant, qu'en présence de sulfate de chaux, l'hydratation de la chaux vive se fait après dissolution préalable, suivant un mécanisme identique à celui de l'hydratation des liants hylrauliques; auquel cas on doit observer une sursaturation passagère de la solution en chaux libre, la chaux vive devant être plus soluble que l'hydrate : une forme instable est plus soluble que la forme stable. L'hydrate cristallise à partir de la solution sursaturée.

Pour voir ce qu'il en est, on a dosé, après diverses durées d'agitation, à 12°C., la chaux libre dissoute en traitant 10^g de CaO pulvérisé, par l'eau, par des solutions saturée, demi-saturée et sursaturée en SO^4Ca (addition de 10^g de plâtre à mouler au début de l'essai), et en traitant l'hydrate de chaux par l'eau et par une solution saturée de SO^4Ca (volume de solution : 500^{cm^3}).

Les résultats sont donnés dans le tableau suivant, où la chaux libre est exprimée en grammes de CaO par litre.

Durée.	CaO et H^2O.	CaO et solution saturée de SO^4Ca.	CaO et soluiton demi-saturée de SO^4Ca.	CaO et plâtre.	$Ca(OH)^2$ et solution saturée de SO^4Ca.	$Ca(OH)^2$ et H^2O.
1 minute.....	1,32	1,60	1,55	1,65	1,11	1,16
5 minutes....	1,31	1,64	1,62	1,70	1,18	1,20
15 »	1,30	1,70	1,65	1,66	1,19	1,27
30 »	1,30	1,66	1,60	1,52	1,19	1,29
1 heure......	1,30	1,50	1,43	1,40	1,20	1,30
6 heures.....	1,30	1,29	1,27	1,25	1,20	1,30
24 »	1,30	1,20	1,23	1,20	1,20	1,30

Ces chiffres mettent en évidence la sursaturation passagère résultant de la présence du sulfate de chaux.

Il ne semble pas qu'il y ait lieu d'admettre la formation transitoire d'un sel basique :

1° La concentration de la solution en SO^4Ca a peu d'influence sur la sursaturation de la chaux libre qui est simplement plus rapide avec une solution sursaturée en SO^4Ca.

2° Il n'y a pas de sursaturation quand on agite l'hydrate de chaux (parfaitement éteint) avec une solution saturée de SO^4Ca. Dans l'hypothèse de la formation d'un sel basique, on pourrait avoir une sursaturation comme cela se produit quand on agite l'hydrate de chaux, avec une solution concentrée de chlorure de calcium pour préparer l'oxychlorure de calcium.

Les expériences précédentes ont été faites avec une chaux cuite à basse température dont l'extinction est immédiate en l'absenre de sulfate de chaux; on observe que le sulfate de chaux ralentit l'hydratation, atténue, mais ne supprime pas le foisonnement; il semble donc qu'une partie seulement de la chaux vive se dissolve avant de s'hydrater. On aurait peut-être une atténuation plus marquée du foisonnement avec une chaux plus cuite, dont l'hydratation serait moins rapide.

MÉTALLURGIE. — *Sur les méthodes d'essais de corrosion des métaux*. Note de MM. **E. Herzog** et **G. Chaudron**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

M. J. Cournot vient de faire paraître un travail [1] où il applique la méthode des essais mécaniques après corrosion au cas des aciers inoxydables. Nous faisons remarquer que, dès 1928, à la Commission permanente d'Études Aéronautiques [2] et au Congrès de Chimie Industrielle [3] de cette même année, nous avions publié une méthode d'essai de corrosion dans laquelle l'attaque était repérée non seulement par la perte de poids subie par l'échantillon, mais encore par l'altération de ses qualités mécaniques.

Nous avons montré, en particulier dans le cas de l'attaque des duralumins par l'eau de mer, qu'il se produit des corrosions localisées profondes sans diminution appréciable du poids de l'éprouvette, mais amenant un abaissement de l'allongement dans l'essai de traction; les corrosions agissent comme une entaille, car on obtient, comme nous l'avons indiqué, le retour à l'allongement initial du métal en effectuant un polissage effaçant les piqûres [3] et [4].

On peut encore, par l'essai d'emboutissage [3] et [4], distinguer la corrosion locale de l'attaque uniforme, en considérant le rapport de la diminution de la charge de rupture, à la diminution de l'épaisseur de la tôle essayée, rapport que l'on remplace pratiquement par $\frac{\Delta F\,\%}{\Delta m\,\%}$ où Δm est la diminution du poids de l'éprouvette essayée. Nous indiquerons ici quelques exemples de ces mesures :

---

(1) J. Cournot, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1337.

(2) E. Herzog et G. Chaudron, *Étude critique des Essais de corrosion*, *Mémoires résumant les Travaux de la Commission d'Études aéronautiques en* 1928-1929, p. 9.

(3) E. Herzog et G. Chaudron, *Comptes rendus du VIIIe Congrès de Chimie industrielle*, juillet 1928 (*Chim. et Ind.*, 21, 1929, p. 335).

(4) E. Herzog et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 1087.

TABLEAU.

Exemples de corrosions uniformes et localisées indiquées par l'essai d'emboutissage.

Réactif et procédé d'attaque (température ordinaire).	Diminution de la charge de rupture ΔF en pour 100 de la valeur initiale.	Perte de poids du flan Δm en pour 100 du poids initial.	Rapport $\frac{\Delta F}{\Delta m}$.	Mode de corrosion.
		Métal étudié : *Duralumin* (tôle de 1^{mm}).		
NaCl + H^2O^2 à 1 pour 100..	70	3,4	20	locale
NaCl + O^2 sous pression de 30^{kg}.....................	22	2,2	10	locale
NaCl + O^2 par émersions et immersions alternées......	50	1,2	40	locale
Solution NaOH à 5 pour 100.	19	16,7	1,1	uniforme
		Fer doux (tôle de 1^{mm}).		
NaCl + H^2O^2 à 1 pour 100..	12	10	1,2	uniforme
HCl à 5 pour 100..........	9	7	1,3	?
SO^4Cu à 5 pour 100........	33	21	1,5	locale

Comme nous le voyons par le tableau ci-dessus, dans le cas des duramins l'attaque locale se trouve bien mise en évidence par le rapport $\frac{\Delta F}{\Delta m}$ qui est toujours supérieur à 10; au contraire il est très voisin de 1 pour une attaque uniforme.

Avec les métaux ferreux les résultats sont moins nets; il sera prudent de les contrôler par la mesure de l'allongement à la rupture.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode de préparation des phénols par déshydrogénation directe des cétones hydroaromatiques correspondantes.* Note de MM. **G. Darzens** et **Georges Lévy**, présentée par M. C. Matignon.

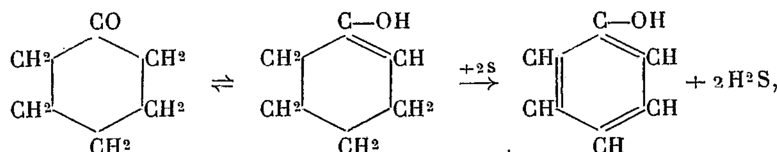
Les cétones cycliques hydroaromatiques étant souvent directement accessibles par synthèse, il nous a paru intéressant de rechercher s'il n'était pas possible de les utiliser pour accéder aux phénols correspondants par une méthode directe de déshydrogénation.

Jusqu'à présent, on n'a pu réaliser cette transformation d'une façon générale que par l'intermédiaire des dérivés bromés, procédé indirect qui ne donne que de mauvais rendements.

Nous avons songé à utiliser à cet effet la méthode de déshydrogénation par le soufre, indiquée pour la première fois par Vesterberg, ou par le sélénium, due à Diels, méthodes utilisées depuis avec succès par Ruzicka et l'un de nous dans la série hydronaphtalénique [1].

Nos premières recherches ont porté sur la cyclohexanone, dont la transformation en phénol par perte d'hydrogène ne présente qu'un intérêt purement théorique et a d'ailleurs été déjà réalisée directement par simple dissociation catalytique à la température de 240°, en présence de nickel réduit [2].

Cette transformation de la cyclohexanone en phénol peut être représentée par le schéma



qui est l'inverse de celui de l'hydrogénation du phénol, démontré dernièrement par M. Grignard [3].

L'action déshydrogénante du soufre n'apparaissant qu'à partir de 200°, température plus élevée que le point d'ébullition de la cyclohexanone, il convient d'ajouter à cette dernière un solvant neutre à point d'ébullition élevé ; nous avons utilisé à cet effet la naphtaline en opérant de la manière suivante :

Dans un ballon surmonté d'un tube, on chauffe au bain d'huile un mélange de 2^g de cyclohexanone, $1^g,3$ de soufre et 10^g de naphtaline. Le soufre entre en solution et H^2S se dégage dès 200°. On maintient ensuite le bain d'huile à 240° pendant 9 heures; au bout de ce temps, le dégagement de H^2S cesse. La masse refroidie est alors reprise par une quantité suffisante de chloroforme. La solution chloroformique est filtrée pour séparer le soufre qui a échappé à la réaction et les résines insolubles ; elle est lavée au carbonate de soude pour la débarrasser de toute trace de H^2S et enfin épuisée par une solution de soude caustique qui extrait le phénol formé. Celui-ci est récupéré par l'action d'un acide et caractérisé par le point de fusion de son dérivé tribromé.

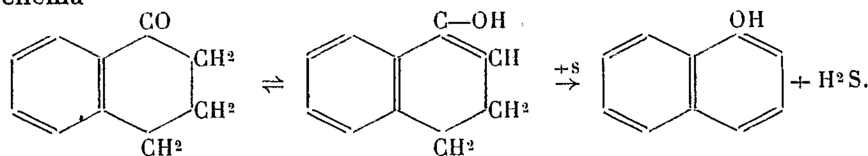
Nous avons ensuite appliqué ce même procédé à l'α-cétotétrahydro-

(1) Ruzicka et J. Meyer, *Helvetica Chimica Acta*, 4, 1921, p. 505; G. Darzens, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 748.

(2) A. Skita et H. Ritter, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 44, 1911, p. 672.

(3) V. Grignard et G. Mingasson, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1552.

naphtaline ou α-tétralone que nous avons transformée en α-naphtol suivant le schéma



Mais la tétralone ayant un point d'ébullition de 257°, il n'est plus nécessaire d'ajouter un solvant neutre à point d'ébullition élevé.

On chauffe au bain d'huile un mélange de 1 molécule-gramme de tétralone avec 1 atome-gramme de soufre. Le dégagement de H^2S commence vers 200° et se termine en 4 heures à 240°. La masse est traitée comme précédemment et donne l'α-naphtol cristallisé avec un rendement d'environ 40 pour 100.

La même réaction peut être réalisée avec le sélénium, mais elle n'a lieu qu'à une température sensiblement plus élevée. L'hydrogène sélénié ne commence à se dégager qu'à 300° (température du bain d'huile) et, pour terminer la réaction, il convient de maintenir une température de 330° à 335° pendant 9 heures.

Par contre le rendement est plus élevé, la formation de dérivés complexes étant diminuée. Ce rendement atteint 75 pour 100.

D'autres cétones cycliques de synthèse ont pu de même être transformées en phénols correspondants.

Dans tous les cas ce procédé s'est montré d'une réalisation simple et rapide, même sur de petites quantités de produit, et c'est en cela que réside surtout son avantage sur les anciens procédés de déshydrogénation par bromuration.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Formule et constitution d'un hydrocarbure incolore à fluorescence violette*, $C^{42}H^{26}$. Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Léon Enderlin**, présentée par M. M. Delépine.

Quand on effectue la préparation du rubrène sans adjonction de bases tertiaires, on trouve parmi les produits accessoires, ou satellites du rubrène, un corps incolore, caractérisé par une fluorescence violette intense [1]. Nous avons fait l'étude de ce corps et établi sa formule.

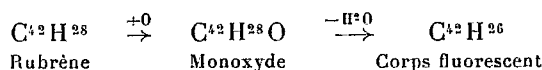
---

[1] Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et C. L. Butler, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 101. Voir aussi Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et P. Lotte, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 43, 1930, p. 219.

a. C'est un hydrocarbure de formule $C^{42}H^{26}$, contenant par conséquent deux hydrogènes en moins que le rubrène, $C^{42}H^{28}$. Il se présente en petits cristaux, réfringents, très peu solubles dans les solvants organiques, par exemple 3 pour 1000 environ dans le benzène bouillant. Le point de fusion instantanée se trouve vers 430° : on l'a déterminé sur bloc d'or, car à cette température le bloc Maquenne ordinaire, en cuivre, est trop oxydé pour donner des indications utilisables.

La fluorescence violette des solutions est particulièrement belle par éclairage à l'arc voltaïque : elle est encore sensible à la dilution de un millionième. Ainsi qu'on l'a déjà signalé antérieurement les solutions sont stables à l'air même sous irradiation.

Nous avons préparé régulièrement ce composé en déshydrogénant le rubrène par oxydation : le monoxyde $C^{42}H^{28}O$, obtenu dans une première phase, perd une molécule d'eau, sous l'influence de l'acide sulfurique, en donnant un corps fluorescent présentant les mêmes caractères que celui qui se forme dans la préparation du rubrène.



$$\underset{\text{Rubrène}}{C^{42}H^{28}} \xrightarrow{+O} \underset{\text{Monoxyde}}{C^{42}H^{28}O} \xrightarrow{-H^2O} \underset{\text{Corps fluorescent}}{C^{42}H^{26}}$$

Rappelons que le même hydrocarbure prend naissance par déshydratation du dihydroxydihydrorubrène, $C^{42}H^{28}(OH)^2$ (1).

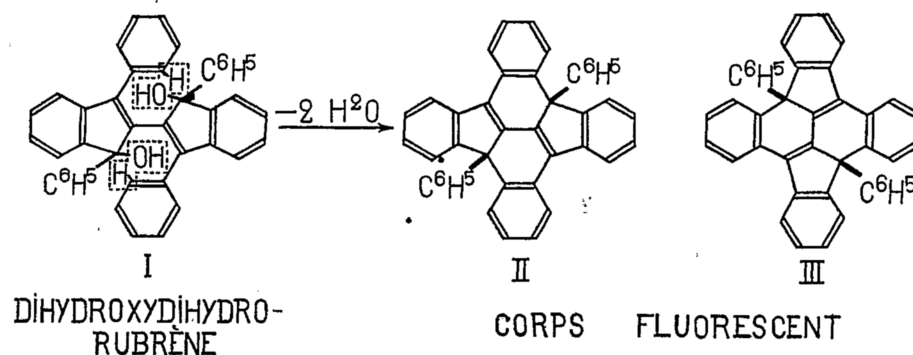
Ces deux modes de formation, qui sont d'ailleurs apparentés entre eux, suffisent à fixer la formule. Soit par exemple le schéma représentant le dihydroxydihydrorubrène (I), où l'on a développé deux des quatre phényles, après orientation convenable des deux moitiés de la formule. Les atomes d'hydrogène destinés à être éliminés avec chaque oxhydryle sous forme d'eau, ne pouvant provenir que de noyaux benzéniques, sont évidemment prélevés sur les phényles en vis-à-vis. Il en résulte alors l'édifice moléculaire figuré en II, qui est celui d'un diphényl-9.11-diphénylène-9.12.10-11-dihydro-9.11-naphtacène, comme on le voit clairement (III) en retournant de 90° la formule II.

Malgré cet enchevêtrement de doubles liaisons conjuguées et de cyclisations, généralement si favorable à la coloration des molécules, cette formule, on le remarquera, ne comporte aucun arrangement chromophorique assez puissant pour faire apparaître la couleur : elle n'est donc pas incompatible, comme on pourrait le croire à première vue, avec la structure d'un composé incolore.

---

(1) Ch. Dufraisse et M. Badoche, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 529.

b. La production d'un noyau aromatique complexe, le naphtacène, avec réaction et accolement de cycles benzéniques, explique la surprenante facilité avec laquelle se forme le corps fluorescent, car l'enchaînement aromatique des atomes de carbone, surtout dans les noyaux condensés multiples, représente un état de stabilité supérieur vers lequel tend la matière carbonée, dès que les conditions de structures ou de circonstances s'y prêtent. Nous en décrirons un autre exemple d'un type différent, rencontré également dans la chimie du rubrène.



c. Nous avons obtenu le corps fluorescent, on vient de le voir, en enlevant au rubrène, par un processus d'oxydation, deux atomes d'hydrogène. Il y a lieu de se demander comment s'explique la réaction de formation au cours de la préparation du rubrène : à défaut d'une oxydation, peu vraisemblable puisque l'on opère dans le vide, les hydrocarbures qui y prennent accessoirement naissance devraient, en effet semble-t-il, avoir la même teneur en hydrogène que le rubrène lui-même, c'est-à-dire $C^{42}H^{28}$.

C'est le moment de rappeler que nous avons retiré autrefois, comme sous-produit de cette réaction, deux hydrocarbures, $C^{42}H^{30}$, contenant précisément deux atomes d'hydrogène en excédent. Cette captation d'hydrogène nous avait fort étonnés à l'époque [1] et nous nous demandions quel pouvait être le processus corrélatif de déshydrogénation : les deux phénomènes trouvent aujourd'hui simultanément leur interprétation très simple, qui est la création de carbures sur-hydrogénés, $C^{42}H^{30}$, concomitante à la production du carbure sous-hydrogéné, $C^{42}H^{26}$.

Ainsi s'éclaire peu à peu, dans son mécanisme si compliqué, la réaction génératrice du rubrène et de ses satellites.

---

(1) CH. MOUREU, CH. DUFRAISSE et P. LOTTE, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 47, 1930, p. 223.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les aminosulfonamides.*
Note de MM. **M. Battegay** et **J. Meybeck**, présentée par M. M. Delépine.

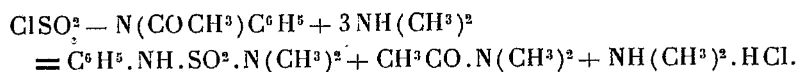
La présente Note fait suite à notre étude sur les N-chlorosulfonylamides et les N-chlorosulfonylsulfonamides (1) et se rapporte plus spécialement à l'influence qu'exerce la nature du radical acidyle sur la réactivité de ces deux genres de composés. Nous rappelons que cette influence s'est manifestée nettement dans l'action hydrolysante de l'eau et des alcalis ou des acides dilués.

Elle s'exerce encore dans la scission moléculaire que subissent ces amides, en milieu anhydre, dans le traitement avec l'ammoniac, les amines primaires et secondaires.

Alors qu'en effet, dans ces conditions, les N-chlorosulfonylsulfonamides fournissent les sulfonamides correspondantes en se libérant du radical chlorosulfonyle, lequel donne d'ailleurs naissance à des produits secondaires, les N-chlorosulfonylamides retiennent le groupe sulfonyle et conduisent nettement, en abandonnant le radical acyle, aux aminosulfonamides.

Cette dernière formation constitue un mode de préparation général pour les aminosulfonamides dont quelques représentants seulement étaient accessibles par les modes d'obtention pratiqués jusqu'à présent (2).

Le principe du mode opératoire nouveau peut être illustré par l'exemple de l'action de la diméthylamine sur la N-chlorosulfonylacétanilide; il se forme la phénylaminodiméthylsulfonamide déjà décrite par Behrend (*loc. cit.*), à côté de diméthylacétamide et de chlorhydrate de diméthylamine :



$$ClSO^2 - N(COCH^3)C^6H^5 + 3NH(CH^3)^2$$
$$= C^6H^5.NH.SO^2.N(CH^3)^2 + CH^3CO.N(CH^3)^2 + NH(CH^3)^2.HCl.$$

5g de N-chlorosulfonylacétanilide dissous dans 150cm³ d'éther desséché, sont additionnés, à $-5°$, d'une solution de 3g de diméthylamine dans 50cm³ d'éther. Le chlorhydrate de diméthylamine formé est filtré. La solution éthérée, évaporée sous pression réduite, laisse une huile qui, fractionnée, donne à 62° sous 13mm, un liquide incolore sentant légèrement la

(1) Battegay, Denivelle, Meybeck, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1195.
(2) Wohl, *D. chem. Ges.*, 43, 1910, p. 3295; Behrend, *Lieb. Ann.*, 222, 1883, p. 117.

diméthylamine et constituant de la diméthylacétamide. Le résidu de distillation, huileux et brun, se prend en masse cristalline. Il fournit, purifié par recristallisation dans le tétrachlorure de carbone, des cristaux incolores de phénylaminodiméthylsulfonamide : $C^6H^5.NH.SO^2N(CH^3)^2$, fondant à 83-84°. — *Analyse :* Subst.: $6^{mg},262$; $0^{cm},0775N^2$; $t=21°$; $p=735^{mm}$, soit 13,9 pour 100 N; calculé pour $C^8H^{12}O^2N^2S$: 14 pour 100 N.

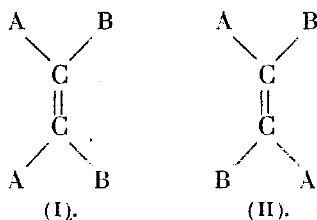
Nous avons préparé de la même manière la phénylaminosulfonanilide, $C^6H^5.NH.SO^2.NH.C^6H^5$ (P. F. 114°) déjà écrite par Wohl (*loc. cit.*) et la phénylaminosulfonamide $C^6H^5NH.SO^2.NH^2$ (P. F. 108,5-109°), dont la composition a été contrôlée par les dosages d'azote et de soufre. *Analyse :* Subst.: $0^g,00422$; $0^{cm^3},0608N$; $t=18°$; $p=743^{mm}$, soit 16,51 pour 100 N; Subst.: $0^g,1617$; $0^g,225$ SO^4Ba, soit 19,1 pour 100 S; calculé pour $C^6H^8O^2N^2S$: N pour 100, 16,28; S pour 100, 18,6.

Cette dernière constitue, comme les autres aminosulfonamides, un produit bien cristallisé, soluble dans l'éther, l'alcool, le benzène, l'eau bouillante et stable vis-à-vis de l'action de la soude caustique diluée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Prévision et vérification de différences de couleurs entre stéréoisomères.* Note [1] de Mme **Ramart-Lucas** et Mlle **Biquard**, présentée par M. A Desgrez.

L'étude de l'absorption d'un certain nombre de stéréoisomères éthyléniques *cis* et *trans* : acides maléique et fumarique, éthers des acides diarylmaléiques et diarylfumariques; les *cis* et *trans* dichlor, dibrom; diiodéthylènes etc. ont montré que les deux isomères de chaque couple ont des couleurs différentes.

Or ces stéroisomères peuvent être représentés par le schéma



(A et B étant des éléments ou des radicaux différents).

---

(1) Séance du 28 décembre 1931.

Étant donnée la symétrie de ces molécules, le fait seul que les composés (I) et (II) ont une absorption différente montre que l'influence mutuelle des chromophores A et B ne se transmet pas seulement le long de la chaîne carbonée, mais s'exerce aussi dans l'espace.

Également pour des raisons de symétrie, la différence dans l'absorption des isomères (I) et (II) ne peut pas tenir à la présence de la liaison éthylénique, puisque l'influence possible de chacun des radicaux A et B sur la double liaison est manifestement, d'après les schémas, la même quel que soit l'atome de carbone sur lequel il se trouve fixé.

On sait d'autre part que, si l'on supprime la double liaison des molécules (I) et (II), en fixant sur chacun des atomes de carbone d'abord doublement liés un radical ou un élément monovalent R et R′ (autres que A et B), on peut obtenir deux stéréoisomères (un racémique et un inactif par nature si R et R′ sont identiques, et deux racémiques si R et R′ sont différents) ayant, dans leurs propriétés, des différences qui proviennent nécessairement de ce que la configuration spatiale de ces deux isomères n'est pas la même.

Et puisque la différence dans l'absorption des isomères cis et trans n'est pas due à la liaison éthylénique, mais à la disposition spatiale respective des deux chromophores A et B qui s'influencent à distance, on peut prévoir que deux stéréoisomères tels que, par exemple, un racémique et un inactif par nature, des stéréoisomères cis et trans cycliques saturés, où figurent les mêmes groupements A et B, auront aussi des « couleurs » différentes.

Cette prévision ne paraît pas avoir été énoncée, et deux cas seulement ont été étudiés (sans considérations théoriques) : le couple des acides tartriques, inactif par nature et racémique, pour lesquels M. Stwart [1] et M. Byk [2] trouvent des différences dans l'absorption, et le couple des éthers dibenzoylsucciniques, racémique et inactif par nature, qui, d'après W. N. Hartley [3], ont la même absorption.

En conformité avec les idées précédentes, nous avons trouvé des différences pour cinq couples de stéréoisomères qui sont : 1° les acides diphénylsucciniques racémique et inactif; les éthers des acides précédents; 3° les diphényl-2.3-butanediol-2.3 (isomères α et β) fondant respectivement à 118° et 124°; 4° les diphényl-1.3-diméthyl-1.2-éthylène-oxydes fondant

(1) STEWART, *Journ. Ch. Soc.*, 91, 1907, p. 1540.
(2) BYK, *Zeitschr. f. physik. Chem.*, 61, 1907, p. 1.
(3) W. N. HARTLEY, *Journ. Ch. Soc.*, 77, 1910, p. 498.

respectivement à 106° et 53°; 5° les deux anisyl-1-phényl-2-butanediol-1.2 fondant à 94° et à 113°.

Sur les courbes mesurées (non reproduites ici), on reconnaît pour chaque couple une bande d'absorption, la même pour les deux isomères, mais sur laquelle empiète une autre bande dont la position diffère d'un isomère à l'autre : les couleurs sont donc différentes (¹).

Pour caractériser par un ordre de grandeur cette différence, nous pouvons dire que, pour chaque corps, il existe un minimum dans l'absorption (entre les deux bandes principales) qui varie d'un isomère à l'autre. Nous donnons la valeur du coefficient d'absorption ε de ces minima (ε étant défini par la relation $I = I_0 . 10^{-\varepsilon c d}$)

Corps $\begin{matrix} C^6H^5 \\ HOOC \end{matrix}\!>\!CH.CH\!<\!\begin{matrix} C^6H^5 \\ COOH \end{matrix}$; Éthers corr. ; $\begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^3 \end{matrix}\!>\!\underset{OH}{C}-\underset{OH}{C}\!<\!\begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^3 \end{matrix}$

	Racémique.	Inactif.	Racémique.	Inactif.	Isom. P.F. 118°.	Isom. P.F. 124°.
$\varepsilon_{\lambda_{min.}}$	190	250	190	250	140	110

Corps $\begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^3 \end{matrix}\!>\!C\!-\!C\!<\!\begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^3 \end{matrix}$ (pont O) ; $\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^2H^5 \end{matrix}\!>\!\underset{OH}{C}-CHOH.C^6H^4.OCH^3$

	Isom. P.F. 53°.	Isom. P.F. 106°.	Isom. P.F. 94°.	Isom. β. P.F. 113°
$\varepsilon_{\lambda_{min.}}$	110	260	250	500

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie de la région de Punta Pescadores (Rif espagnol).* Note de MM. **A. Marin** et **P. Fallot** (²), présentée par M. Ch. Jacob.

Nous avons pu, au cours d'une excursion commune, réaliser la jonction entre nos observations géologiques de 1930 (³) qui s'arrêtaient à l'Ouest selon la vallée du M'ter, à l'Est selon le méridien de Sidi Fetoh.

(¹) Laquelle correspond à celle des deux bandes principales du noyau aromatique qui se trouve située le plus près du visible.

(²) Les déterminations de nos Foraminifères sont dues à M. Doncieux.

(³) A. Marin, M. Blumenthal et P. Fallot, *Observations géologiques sur le Nord-Ouest du Rif Marocain* (*Bull. Soc. Géol. de Fr.*, 4ᵉ série, 30, 1930, p. 659 à 735).

Le croquis (voir la figure) rend compte des grands ensembles observés. Il montre que la zone paléozoïque vient se terminer immédiatement à l'Ouest de Puerto Capaz.

La zone des formations jurassiques se poursuit à l'Est de la profonde vallée du M'ter par trois bandes pincées dans le Paléozoïque et affectées d'élévations et d'abaissements axiaux très marqués. Ces bandes forment les trois crêtes du Tanarast (1 sur la figure), de la Cudia Timargaden (2) et de la Cudia Yama d'Asagar (3).

Au Sud de cette bande, après une étroite zone de brouillage, apparaît le Flysch nummulitique, vertical, débutant par des conglomérats et des cal-

caires à *N. Fabianii*, *N. incrassatus*, *Orthophragmina* sp. de l'Éocène supérieur.

Vers l'Est-Nord-Est, la zone jurassique se resserre. Elle forme, en un seul pli, la masse du Djebel Nanoh (4) limité au Sud par le Flysch, puis s'effile pour ne plus donner qu'un chapelet de lambeaux calcaires passant par Tifraten. Après une interruption, la bande réapparaît pour former le Dj. Ihannachen (5), puis la Hafa Sizan qui, coupée par le bas Oued Ouringha, se prolonge par le massif calcaire coté 496 (6). Ces trois derniers sommets offrent entre le Flysch et le Jurassique des contacts anormaux, non seulement au Sud mais apparemment au Nord.

Un dernier lambeau de Jurassique prolongeant cette série se trouve plaqué contre le Flysch du versant Est de la vallée de l'Oued Misiaba.

Les falaises de Punta Pescadores sont formées par une masse jurassique, à pendage Sud, supportant normalement le Flysch, et décalée au Nord par rapport à la bande précédente.

Il n'y a là aucune trace de volcan, contrairement à ce que supposait M. Russo ([1]). Les trois criques de ce cap sont toutes dues à l'érosion marine qui, après avoir percé la mince falaise jurassique, a pu élargir son action dans le Flysh tendre dont la base à *Num. globulus*, *N. granifer*, *Assilina* sp. et *Heterostegina reticulata* est lutétienne.

La zone du Flysch qui apparaît au Sud de la zone calcaire comporte des marnes à lentilles calcaires à la base (Lutétien), puis des alternances de marnes et de grès quartzeux passant vers le haut à l'Arenisca del Algibe.

Contrairement à ce que nous avions admis ([2]) nous avons pu établir, par une coupe précise, qu'aucune de ces formations quartzitiques n'appartient ici au Paléozoïque, dont dès lors aucun élément n'apparaît au Sud de la Cudia Timargaden et de la zone de Si Ali Ben Yusef, sur la rive gauche du M'ter.

Des circonstances accidentelles ayant écourté nos recherches, nous n'avons pu étudier en détail la suite de ces bandes primaire, secondaire et tertiaire entre le M'ter et le Jemis de Beni Selman où nous les avions coupées en 1930. Il nous est impossible, avant d'avoir revu ce court tronçon de chaîne, d'établir si le contact des zones internes avec le Flysch résulte

---

([1]) P.-L. Russo, *Recherches géologiques sur le Nord-Est du Rif* (*Mém. Soc. Sc. nat. du Maroc*, 20, 1929, p. 1-152, en particulier pl. V, fig. 2).

([2]) *Loc. cit.*, p. 713 et pl. LXXI, A.

d'accidents relativement peu importants, ou si le Paléozoïque, avec son capuchon de Jurassique, chevauche vraiment le Nummulitique périphérique.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Sur la théorie de l'aurore polaire.* Note de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. de Broglie.

Nous avons indiqué (*Comptes rendus*, 10 août et 9 novembre 1931) une théorie de l'aurore polaire rendant compte de divers phénomènes géophysiques (variations magnétiques et électriques, ozone, aurore non polaire, rayons cosmiques, etc.). Dans le but de la vérifier, et grâce à la subvention qu'a bien voulu nous accorder l'Académie, nous avons pu hiverner pendant la nuit polaire à la Station magnétique de Sodankylä, en Laponie finlandaise [1].

1. L'observation des aurores polaires confirme pleinement le mécanisme indiqué : l'aurore est l'effet secondaire d'un phénomène cosmique initial très éloigné du globe. Cet effet débute par la formation de couronnes de Nordenskjöld épousant la courbure de la Terre [2], par suite de l'*absorption* des électrons secondaires.

Les divers arcs concentriques et coplanaires d'intensités différentes représentent les *raies du spectre magnétique terrestre des électrons solaires*. L'aurore polaire acquiert ainsi une importance capitale en nous donnant la mesure qualitative et quantitative de l'émission électronique solaire.

2. Le phénomène présente deux phases : la première correspond à l'effet cosmique initial : elle ne dure parfois qu'un temps très court. La seconde est une *phosphorescence* s'éteignant lentement, due à l'excitation, à l'ionisation et à la polymérisation (ozone) produites par les électrons secondaires. Cette forme donne naissance à des nuages lumineux post-auroraux dont les mouvements sont remarquables. Nous avons observé un cas d'entraînement régulier de ces nuages, dès leur formation, à une vitesse de plusieurs *dizaines de kilomètres par seconde*. Ce *vent* colossal, régnant à une altitude de 200^{km}, est probablement d'origine électromagnétique. Il est lié à un fort accroissement d'intensité.

---

(1) Avec l'aimable autorisation de l'Académie des Sciences de Finlande.

(2) Les arcs ont en effet la même courbure que la limite inférieure de l'aurore diurne.

3. Le phénomène n'offre l'aspect simple théorique que lorsque l'intensité demeure faible. Dès que celle-ci augmente, il se complique d'effets secondaires *qui ne sont plus de nature cosmique.*

La formation de minces draperies, constituées de rayons nets et déliés, en est un exemple. Ces rayons, qui sont des géodésiques d'électrons secondaires, sont autant de faisceaux cathodiques d'intensités diverses, dénotant l'hétérogénéité de leur source et concentrés, grâce au phénomène bien connu montré par les oscillographes cathodiques. Les variations globales d'intensité de ces rayons et le parcours longitudinal des draperies par des *ondes* lumineuses sont remarquables. L'observation du *vent* signalée ci-dessus donne la clef de ce phénomène.

Lors d'une aurore intense, non seulement les parties basses (200^{km}) de la stratosphère, mais les régions les plus élevées sont le siège de mouvements d'ions d'une grande turbulence. Lorsqu'un « nuage » ou tourbillon d'ions, où la pression est relativement élevée, traverse ou suit le parcours des électrons primaires, la source des rayons se déplace et leur éclat suit le même mouvement. La draperie est donc parcourue par une onde lumineuse à bord net du côté de la propagation du nuage et à bord dégradé, par suite de la phosphorescence, du côté opposé.

Un phénomène apparemment très éloigné de l'aurore de Nordenskjöld et consistant en l'apparition de rayons isolés et fugitifs en diverses régions du ciel, s'explique aisément lorsqu'on remarque que le ciel est simultanément sillonné d'ondes lumineuses concentriques très faibles, se succédant rapidement en se déplaçant du Nord au Sud. Ces ondes dénotent le balayage du ciel par des trajectoires primaires d'énergie croissante. Ces palpitations traduisent la phase finale d'une éruption solaire. Lorsque ces trajectoires rencontrent les nuages d'ions ceux-ci deviennent momentanément la source de rayons isolés.

4. L'estimation photométrique de la brillance d'une draperie vue au zénith (10^{-6} bougie/cm^2) a permis le calcul de l'énergie dépensée dans un orage auroral, en admettant le même rendement lumineux (10^{-2}) que dans le cas d'un tube à vide. On trouve ainsi 15.10^3 kilowatts, soit mille fois moins que dans un fort éclair et mille fois moins aussi que pour l'ensemble de l'aurore non polaire. La variation correspondante d'intensité des rayons cosmiques serait donc inappréciable.

5. Ces observations ont été accompagnées de la mesure du gradient du potentiel atmosphérique (au moyen d'un voltmètre électrostatique de Szilard combiné avec un isolateur en quartz fondu pouvant être chauffé par

un accumulateur nickel-cadmium). La variation montre une onde simple avec un minimum de 55 volts/mètre à 4^h (Gr.) et un maximum de 138 volts/mètre à 17^h (Gr.). *Le champ est réduit à la moitié de sa valeur normale par la proximité d'une aurore*, en accord avec la théorie.

6. La mesure de l'intensité des rayons cosmiques (effectuée au moyen d'un électromètre scellé dans un récipient en pyrex, évacué, rempli d'argon pur et scellé, immergé pendant 12 heures sous $1^m,50$ de glace et d'eau dans le Kitinenjoki) montre des fluctuations de 2,5 pour 100, 5 fois plus grandes que les erreurs de mesure et non attribuables aux variations de pression atmosphérique ni à l'activité magnétique.

BOTANIQUE. — *Une particularité structurale chez les diverses espèces de* Kadsura *Juss.* Note (¹) de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. J. Costantin.

L'oxalate de calcium à l'état d'incrustation dans l'épaisseur de la membrane des éléments sclérifiés, n'a été observé que rarement chez les Dicotylédones.

Solereder (²) avait mentionné chez deux Magnoliacées, *Kadsura Roxburghiana* Arn. et *Schizandra nigra* Maxim., l'existence de cellules fusiformes dans la paroi desquelles se trouvaient de nombreux petits cristaux d'oxalate de calcium.

Plus tard Matsuda (³) signala de semblables éléments dans le liber de *Kadsura japonica* Juss. ainsi que chez *Schizandra chinensis* C. Koch.

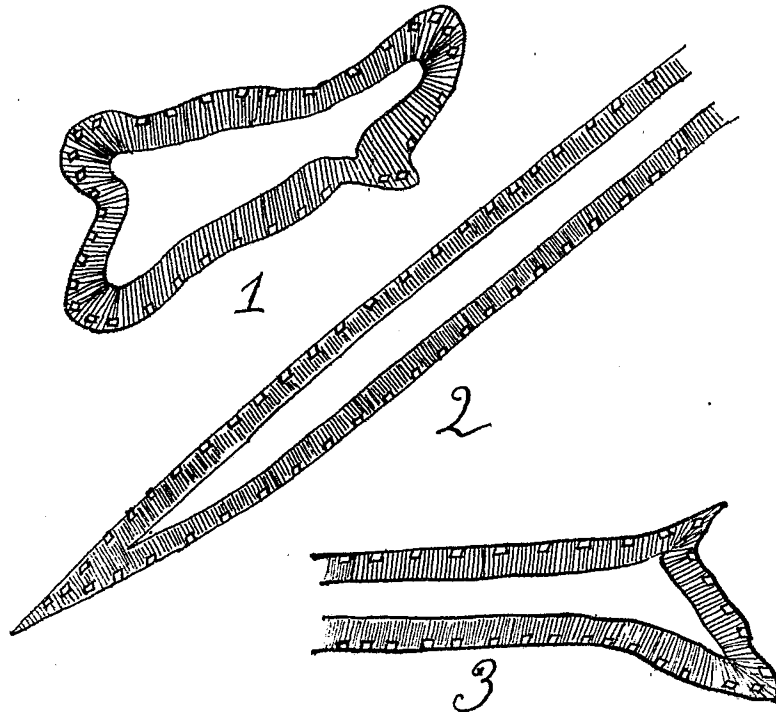
La présente Note a pour but de mettre en évidence l'existence de telles particularités chez certaines autres espèces de *Kadsura* non encore décrites jusqu'à présent à ce point de vue : *K. paucidenticulata* Merril, *K. philippinensis* Elmer, *K. sulphurea* Elmer, *K. apoensis* Elmer, originaires des Philippines, et *K. scandens* Bl. de Java. Toutes ces espèces possèdent, dans leur zone corticale, d'assez nombreuses cellules à parois épaisses et lignifiées, dont la portion externe renferme un grand nombre de petits cristaux pris-

(¹) Séance du 4 janvier 1932.

(²) H. Solereder, *Ueber den systematischen Wert der Holzstructur bei den Dicotyledonen* (*Diss.*, Munich, 1885, p. 50).

(³) S. Matsuda, *On the anatomy of Magnoliaceae* (*Journ. Col. Sc.*, Imp. Univ. Japan, 6, 1894, p. 115).

matiques d'oxalate de calcium; ces cellules affectent des formes variables : tantôt presque isodiamétriques ou faiblement allongées soit en long, soit en travers, avec extrémités tronquées, tantôt envoyant un ou plusieurs prolongements pointus ou émoussés, réalisant ainsi le type sclérite. On trouve aussi de semblables éléments accolés aux cordons de fibres péricycliques ou mélangés à ces dernières, lesquelles restent toujours dépourvues d'oxalate de calcium dans toute l'épaisseur de leur membrane.



Diverses formes d'éléments sclérifiés à parois incrustées d'oxalate de calcium : Fig. 1. Sclérite de la zone péricyclique de *Kadsura paucidenticulata* (vu en coupe transversale). — Fig. 2. Portion terminale d'une fibre intra-libérienne de *Kadsura philippinensis* (vue en coupe longitudinale). — Fig. 3. Portion terminale d'un élément scléreux intra-libérien de *Kadsura sulphurea* (vue en coupe longitudinale).

Dans le liber secondaire de ces diverses espèces, nous remarquons de nombreuses cellules dont les parois épaisses, imprégnées de lignine, sont incrustées de ces mêmes cristaux dans leur portion externe; elles sont tantôt isolées, tantôt agglomérées en petits groupes. Mais ici, ces éléments de stéréome se montrent toujours fortement allongés en coupe longitudinale;

leurs extrémités sont parfois très effilées, parfois plus ou moins tronquées ou même légèrement ramifiées.

Ces observations nous permettent ainsi de généraliser l'existence, chez toutes ces espèces de *Kadsura*, de ces éléments tout à fait caractéristiques, lesquels sont, en somme, des fibres sclérenchymateuses, des cellules scléreuses ou des sclérites possédant de nombreux petits cristaux d'oxalate de calcium inclus dans la partie externe de leur membrane.

Ce fait intéressant nous amène à rapprocher le genre *Kadsura* de certaines Gymnospermes. En effet Bertrand (1) et Vesque (2) avaient remarqué de semblables cristaux dans la membrane des cellules scléreuses ramifiées du *Welwitschia mirabilis* Hook.; de plus Bertrand (3) avait mentionné aussi, dans le liber secondaire de l'*Araucaria*, la présence de sclérites à paroi incrustée de ces mêmes éléments cristallins. Notre étude nous conduit ainsi a établir un rapport entre le *Kadsura* et les deux genres *Welwischia* et *Araucaria*, malgré la place très différente occupée par ces derniers dans la systématique; et nous confirmerons en l'accentuant le parallèle fait précédemment par Matsuda entre ces quelques espèces de Magnoliacées et les Gymnospermes pourvues de cette particularité structurale.

D'autre part Van Tieghem (4), à la suite d'une étude anatomique détaillée de la famille qui nous occupe, en a retranché complètement les genres *Trochodendron*, *Drimys*, *Wintera*, *Bubbia*, *Belliola*, *Exospermum*, *Zygogynum* et *Tetracentra;* se basant sur la constitution de leur bois secondaire formé exclusivement de trachéides à ponctuations aérolées, il les a groupés dans la sous-classe des Homoxylées.

La famille des Magnoliacées peut donc être considérée, par ses caractères structuraux, comme un groupe intermédiaire qui passe, par une série de transitions, des Gymnospermes aux Angiospermes.

---

(1) C.-E. Bertrand, *Anatomie comparée des types et des feuilles chez les Gnétacées et les Conifères* (*Ann. Soc. Nat. Bot.*, 5e série, 20, 1874, p. 5).

(2) J. Vesque, *Anatomie comparée de l'écorce* (*Ann. Sc. Nat. Bot.*, 6e série, 2, 1875, p. 82).

(3) *Loc. cit.*

(4) Ph. Van Tieghem, *Sur les Dicotylédones du groupe des Homoxylées* (*Journ. de Bot.*, 14, 1900, p. 259).

BOTANIQUE. — *Diversité des caractères génériques des fleurs, des bulbes et des graines chez les Ornithogales.* Note (¹) de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. L. Blaringhem.

Le genre *Ornithogalum* L., Bak. comprend plus d'une centaine de Liliacées bulbeuses d'Afrique, d'Orient et d'Europe surtout méditerranéenne. Les auteurs qui l'ont étudié, ayant remarqué la diversité des fleurs dans ce même genre, l'ont fragmenté en sous-genres ou sections, dont six, établis par J.-G. Baker, restent admis jusqu'à maintenant (²). Ils diffèrent par la longueur des styles, les appendices des filets, la coloration blanche ou rayée de vert des pièces du périanthe, et la forme de l'inflorescence allongée en grappe ou étalée en corymbe. L'étude des bulbes suivie sur le vivant chez une vingtaine d'espèces de ce genre, comme je l'avais fait pour les *Scilla* (³), m'a montré également une grande diversité. Cependant la coïncidence entre la répartition systématique des types de bulbes et les coupures taxinomiques des auteurs n'est pas complète.

C'est ainsi que les espèces des sections *Heliocharmos* Bak. et *Myogalum* Bak. sont caractérisées par des bulbes à renouvellement annuel total ou presque total. Parfois les pièces ne se détruisent pas complètement au bout d'un an, mais, en tout cas, elles ne se remplissent de réserves qu'une seule fois. De plus les pièces sans limbe sont exceptionnelles ou peu nombreuses. Chez les *Heliocharmos* les pièces tubérisées sont des écailles d'embrassement et de soudure variables d'une espèce à l'autre : ce sont des écailles libres, à bords droits, peu embarrassantes, chez *O. exscapum* Ten. et *O. collinum* Guss.; ou au contraire des écailles soudées les unes aux autres sur une grande partie de leurs deux bords, ce qui donne au bulbe un aspect tuniqué, chez *O. umbellatum* L. et *O. tenuifolium* Guss.; ou même les deux modes se présentent, variables d'un individu à l'autre dans la même espèce, chez *O. divergens* Bor. et *O. refractum* Kit. Dans la section *Myogalum* les pièces ne sont jamais soudées les unes aux autres; elles sont formées de tuniques

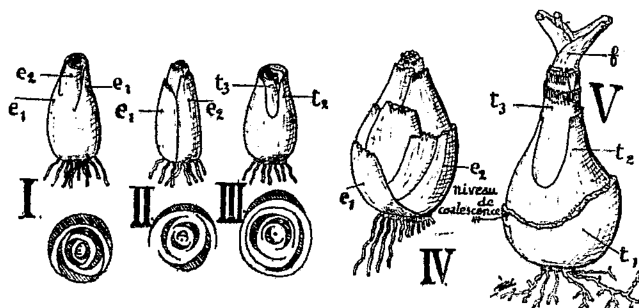
(¹) Séance du 28 décembre 1931.

(²) Voir R. A., Salisbury, *A fragment containing part of Liriogamae*, Londres, 1866; J. G. Baker, *Revision of the Genera and Species of Scilleae and Chlorogaleae* (*The Journ. of Linn. Soc., Bot.*, 13, 1873, p. 209; K. Krause, *Liliaceae*, *in* A. Engler, *Pflanzenfamilien*, 2ᵉ édit., 15 *a*, Leipzig, 1930, p. 344.

(³) Cf. P. Chouard, *Thèse*, Paris, 1930, et *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 10ᵉ série, 13, 1931, p. 131.

entières, échancrées ou fendues (*O. nutans* L.), ou même sur certains individus, d'écailles plus ou moins embrassantes (*O. prasandrum* Gris.).

Dans le sous-genre *Beryllis* Bak., où les pièces du bulbe restent tubérisées plusieurs années, il existe au moins deux types de bulbes tout à fait distincts : les uns sont formés d'écailles lâchement imbriquées, libres, à bords effilés et obliques, se détruisant progressivement du sommet à la base; tels sont les *O. pyrenaicum* L., *O. narbonense* L., *O. sessiliflorum* Desf., d'Eu-



I; II, III, diversité d'embrassement et de soudure par les bords chez les bulbes à renouvellement annuel des *Heliocharmos* et *Myogalum* (I, bulbe à pièces coalescentes par les bords chez *O. umbellatum*; II, bulbe à écailles libres chez *O. collinum*; III, bulbe formé de tuniques plus ou moins fendues et d'écailles chez *O. nutans*); IV, bulbe de *Beryllis* européen et circumméditerranéen (*O. pyrenaicum*), écailles libres, pluriannuelles et lâchement imbriquées; V, bulbe de *Beryllis* sud-africain (*O. graminifolium*), tuniques coalescentes en hauteur, feuilles se succédant sans périodes de repos, du moins dans nos jardins.

rope ou du pourtour de la Méditerranée. Les autres sont formés de tuniques virescentes, étroitement appliquées, souvent coalescentes entre elles sur une notable hauteur; les feuilles sont terminées par un très long mucron plein, et se succèdent sans interruption ni période de repos; telles sont les espèces cultivées dans les jardins botaniques comme provenant du Cap sous les noms de *O. graminifolium* Thunb., *O. juncifolium* Jacq., *O. Eckloni* Schlecht., *O. caudatum* Ait., *O. longebracteum* Jacq., *O. Scilloides* Jacq.

Je suis ainsi amené à considérer comme caractères importants du bulbe des Ornithogales la durée de tubérisation de leurs pièces, leur soudure ou leur liberté dans le sens de la hauteur, leur mode de destruction, et accessoirement leur embrassement et leur soudure ou leur liberté par les bords.

Rapprochant ces résultats de la classification admise jusqu'ici, je constate que les sections *Heliocharmos* et *Myogalum*, comprenant l'une et l'autre des plantes de la région méditerranéenne et orientale, rapprochées par leurs styles allongés, ne différant que par l'aspect de la grappe et par la présence de deux dents aux filets chez *Myogalum*, sont également rappro-

chées par le mode de vie annuelle de leurs bulbes. La section *Beryllis*, toute différente, peut être partagée en deux groupes tout à fait distincts d'après le bulbe, séparation confirmée d'abord par le fait que l'un des types de bulbe est propre à des *Beryllis* européens et circumméditerranéens, tandis que l'autre est spécial à des plantes sud-africaines.

L'examen des graines vient apporter pleine confirmation à cette manière de voir. Alors que les *Heliocharmos* et *Myogalum* ont des graines ovales, rondes, ou à peine anguleuses, que les *Beryllis* européens et circumméditerranéens ont des graines pleines, nettement anguleuses, souvent tétraédriques, les *Beryllis* sud-africains que j'ai pu observer montrent des graines comprimées, aplaties, parfois ailées, aussi différentes des précédentes que celles des *Urginea* le sont des graines des *Scilla*.

Ces considérations montrent que, pour le genre polymorphe *Ornithogalum* L., Bak., comme pour l'ancien genre *Scilla* L., Bak. (non Nob.), l'étude des bulbes faite sur le vivant, rapprochée de l'étude des graines et des fleurs donne, sur les affinités des espèces, des indications plus précises et plus conformes à la répartition géographique que l'ancienne classification établie sur les fleurs seules.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de l'altitude sur la tubérisation de la Pomme de terre. Existence d'un optimum altitudinal.* Note de M. **P. Lebard**, transmise par M. J. Costantin.

Des cultures expérimentales de Pommes de terre établies en 1931, en plaine, dans les environs de Grenoble (214^m d'altitude) et en montagne dans la région du Lautaret (Hautes-Alpes), dans des stations de plus en plus élevées (La Grave, 1500^m; Villar-d'Arène, 1650^m; Institut botanique alpin du Lautaret, 2100^m), m'ont permis de préciser l'influence que l'altitude exerce sur la tubérisation.

Je mentionnerai les résultats obtenus à l'aide de deux variétés (*Bevelander* et *Imperia*) provenant de l'École nationale d'Agriculture de Grignon où elles avaient été cultivées pendant plusieurs années consécutives. L'une de ces variétés (*Bevelander*) était indemne de maladies à virus; l'autre était atteinte de mosaïque simple, mais on sait que cette affection ne modifie pas sensiblement l'évolution générale de la plante ni la tubérisation.

Pour avoir des résultats comparables, les tubercules d'une même variété

avaient été choisis de même poids, puis mis en germination à la lumière, ils avaient été choisis avec un même nombre de germes en parfait état de développement.

Tous mes essais ont été faits en terrain abondamment fumé, et j'ai reconnu qu'en opérant ainsi, la nature du sol de mes diverses stations expérimentales ne modifiait pas sensiblement le rendement en tubercules. Je l'ai vérifié à l'aide de cultures témoins effectuées à Grenoble, à Villar-d'Arène et au Lautaret où j'avais fait transporter de la terre originaire de La Grave. Je pouvais donc être sûr que les résultats constatés ne pourraient être dus qu'à l'action des conditions extérieures (éclairement, température, état hygrométrique, pression etc.) variables suivant l'altitude et dont l'ensemble constitue le climat alpin.

Les plantations de Grenoble, de La Grave et de Villar-d'Arène ont été faites à la même date, le 20 mai. Celles du Lautaret n'ont pu être réalisées que le 8 juin à cause de la persistance du climat d'hiver et de la fonte tardive des neiges. Mais j'ai obvié à cet inconvénient en installant le même jour des cultures témoins à La Grave.

Les rendements moyens par pied, consignés dans le tableau ci-dessous, ont été calculés en partant de six touffes normalement développées (quatre seulement pour la variété *Bevelander* cultivée le 8 juin à La Grave) :

Rendements moyens par pied à la fin de la végétation.

	Plantation du 20 mai.			Plantation du 8 juin.	
Variétés.	Grenoble (214^m).	La Grave (1500^m).	V.-d'Arène (1650^m).	La Grave (1500^m).	Lautaret (2100^m).
Imperia	1285^g	2320^g	1606^g	–	–
Bevelander	1240^g	2089^g	–	1020^g	559^g

Ces résultats montrent que le rendement, calculé à la fin de la végétation, est plus important dans la montagne à 1500^m d'altitude (La Grave) que dans la plaine (Grenoble); qu'il décroît lorsqu'on atteint 2100^m (var. *Bevelander*) et même 1650^m (var. *Imperia*). Cette dernière altitude correspond approximativement dans la région du Lautaret à l'extrême limite d'exploitation des terres cultivées.

G. Bonnier [1] a signalé que, chez les plantes alpines en général, l'intensité

---

[1] Gaston Bonnier, *Cultures expérimentales dans les Alpes et les Pyrénées* (*Revue générale de Botanique*, 2, 1890, p. 544).

de la couleur des fleurs et de la teinte verte des feuilles pouvait présenter une valeur optimum au-dessous de la dernière limite d'altitude que l'espèce peut supporter. Mais pour l'appareil souterrain on a toujours considéré que sa différenciation s'accusait indéfiniment avec l'altitude.

Mes recherches sur la Pomme de terre montrent que le climat alpin favorise la tubérisation, mais elles précisent en outre que, *pour des plantations établies à la même date, à des altitudes progressivement croissantes, il existe un optimum altitudinal à partir duquel le rendement ne fait ensuite que s'abaisser.*

HISTOCHIMIE. — *Étude histospectrographique de la localisation du calcium et du magnésium dans l'aorte humaine et de leurs variations au cours de l'athérome.* Note de MM. **A. Policard**, **A. Morel** et **P.-P. Ravault**, présentée par M. F. Mesnil.

Au cours de recherches histochimiques, nous avons été amenés à préciser la localisation histologique exacte du calcium et du magnésium dans l'aorte humaine normale et athéromateuse. On savait que, dans l'aorte athéromateuse il existait du magnésium à côté du calcium qui infiltre les lésions dégénératives du vaisseau [Baldauf (1), Barillé (2)]. D'autre part, dans le même ordre d'idées, M. Letulle, M. Labbé et Heitz avaient récemment montré (3) la présence de magnésium dans les artères tibiales de diabétiques et précisé ses variations par rapport aux artères tibiales normales. Mais les analyses faites sont globales et l'on ignore la place exacte de ces éléments minéraux dans les diverses tuniques de l'aorte. C'est ce que nous avons tenté de rechercher.

Dans les conditions du problème histologique, aucune méthode microchimique connue n'est capable de permettre une appréciation quantitative du magnésium en présence du calcium. Nous avons dû utiliser une technique tout à fait différente.

---

(1) Baldauf, *The chemistry of atherome and calcification* (*Journ. Med. Res.*, 15, 1906, p. 355).

(2) Barillé, *Rôle des constituants de la dissociation du carbonophosphate tricalcique dans la genèse du tissu osseux et des diverses concrétions à base de phosphate et de carbonate de chaux* (*Journ. Pharm. et Chimie*, 7e série, 1, 1910, p. 42).

(3) Letulle, M. Labbé et Heitz, *De la calcification des artères chez les diabétiques* (*Arch. Maladies du cœur*, 20, 1927, p. 577).

Par une microdissection attentive, il est possible d'isoler assez exactement les diverses tuniques du vaisseau : endartère, média, adventice, sur une étendue de paroi vasculaire correspondant à un carré d'environ 6 à 8^{mm} de côté. Ces fragments de tissus sont pesés, séchés et incinérés.

Grâce à une méthode histospectrographique dont le détail sera donné dans un autre Recueil (1) et dont le principe essentiel réside dans l'étude des variations d'intensité jusqu'à l'extinction des raies ultimes, dans des solutions progressivement décroissantes, il est possible, dans les faibles quantités de cendres disponibles, de caractériser très nettement le Ca et le Mg et d'en apprécier les variations avec une approximation suffisante.

Nos recherches ont porté sur les aortes de 4 sujets de 50 à 70 ans présentant des lésions artérioscléreuses de l'aorte, d'intensité moyenne. Nous avons examiné comparativement : l'endartère de régions de l'aorte parfaitement indemnes de toute lésion, la média correspondant à ces points normaux, l'endartère au niveau des taches jaunes de la dégénérescence lipoïdique caractéristique de l'artériosclérose aortique, la média correspondant à ces points et, enfin, des foyers athéromateux calcifiés et durs.

Le tableau suivant résume nos résultats, l'intensité des raies ultimes envisagées (raies 4226, 3968 et 3933 UA, pour le Ca ; raies 2852, 2802, 2795 UA, pour le Mg) étant représentée approximativement par un nombre variable de croix.

Région histologique.	Calcium.			Magnésium.		
Solution de cendres à 1 pour :	100000.	10000.	1000.	100000.	10.000.	1000.
	+	+	+++	0	0	0
Endartère normale	+	++	+++	0	+	+
	+	+	++	0	0	+
	+	++	++++	0	0	+
Endartère à lésions lipoïdique artérioscléreuse	+	+	+++	0	0	+
	+	++	++++	0	+	++
	+	++	+++	0	+	++
Média sous endartère normale	++	++	++++	+	++	+++
	++	++	++++	+	+	++
	+	+	++	0	0	+
Media sous endartère lipoïdique	+	++	+++	0	0	+
	+	++	++	0	0	0
Foyer athéromateux calcifié	+	+++	+++++	0	0	+

(1) MOREL, POLICARD et P.-P. RAVAULT, *Étude histospectrographique des localisations du calcium et du magnésium* (*Bull. Histologie appliquée*, 9, 1932, p. 24).

De ces résultats il est permis de tirer les conclusions suivantes :

L'endartère aortique normale renferme beaucoup plus de calcium que de magnésium. La média normale contient plus de Ca et, proportionnellement, beaucoup plus de Mg que l'endartère. Ceci confirme les résultats donnés par la micro-incinération (P. Ravault) (¹).

Dans l'endartère atteinte de dégénérescence lipoïdique, on constate une augmentation du Ca, mais non du Mg. Dans la média correspondant aux plages lipoïdiques de l'endartère, il y a diminution du Ca et du Mg, mais, proportionnellement, la diminution de ce dernier est incomparablement plus accentuée. La diminution du Ca et du Mg doit être mise en rapport avec la diminution des cendres constatée dans les micro-incinérations au niveau de la média sous les plaques lipoïdiques de l'endartère (état tigré, P. Ravault).

Dans les foyers calcifiés athéromateux, il y a augmentation considérable du Ca, mais aucune augmentation du Mg.

D'une façon générale, il n'y a donc pas de parallélisme entre les variations du Ca et du Mg au cours des transformations artérioscléreuses de l'aorte humaine. Les imprégnations minérales se font surtout par le calcium ; le magnésium n'y participe pas ; il semble au contraire que cet élément ait tendance à diminuer au cours de l'établissement des lésions dans l'aorte.

PHYSIOLOGIE. — *Influence du rapport acides-bases de la ration sur la grandeur de la dépense azotée.* Note de M. **Émile-F. Terroine** et Melle **Marguerite Champagne**, présentée par M. d'Arsonval.

De multiples études ont été poursuivies sur l'influence qu'exercent sur le métabolisme azoté la prédominance des générateurs acides dans la ration ou l'addition d'acides en nature dans l'alimentation. Nous en ferons l'examen dans un prochain Mémoire. Disons simplement que toutes s'accordent pour constater une augmentation de l'ammoniaque urinaire, que la plupart admettent une diminution correspondante de l'urée. Mais, à la seule exception du travail de Mac Collum et Hoagland (1914), aucun essai n'a été fait au niveau du métabolisme endogène minimum. Il nous est donc impossible de savoir : s'il y a augmentation de la dégradation azotée totale ou simple

---

(¹) P.-P. Ravault, *Recherches histochimiques sur l'imprégnation calcaire normale de la paroi aortique* (*Bull. Histologie appliquée*, 5, 1928, p. 40).

modification dans la répartition de l'azote urinaire; si le métabolisme protéique est seul touché ou si le sont également les processus qui aboutissent au rejet des corps puriques et créatiniques. Sans doute, et ceci est d'importance capitale, Mac Collum et Hoagland insistent sur le fait que l'ingestion d'acide modifie l'excrétion ammoniacale sans toucher à celle de la créatinine; mais ils ne disent rien des autres composés urinaires. Sans doute encore, opérant chez des animaux recevant une riche alimentation glucidique et ne contenant aucune matière protéique, voient-ils augmenter l'excrétion de N total après administration de HCl, mais cette administration est malheureusement accompagnée de celle de l'acide benzoïque, ce qui ne permet aucune conclusion sûre.

Le but de notre travail est donc de rechercher les modifications que provoque l'administration d'acide à un animal placé au niveau minimum de la dépense azotée endogène, modifications à la fois du taux de la dépense azotée totale et de la répartition des composés urinaires qui proviennent de la dégradation azotée. L'étude est poursuivie sur des porcelets recevant une alimentatipn très abondante (amidon, substances minérales, vitamines), mais dépourvue de matières azotées. Deux périodes d'alimentation de base servant de témoin encadrent une période où il y a addition d'acide.

Le tableau ci-après renferme les résultats quotidiens moyens, exprimés en milligrammes, de quelques-uns de nos essais.

Les faits rapportés permettent de dégager les conclusions suivantes :

1° La présence d'un excès d'acide dans une ration glucidique réduisant le métabolisme azoté à la dépense endogène spécifique provoque un accroissement du taux de cette dépense. Cet accroissement peut être considérable : chez le Porc n° 4 l'azote a presque doublé. Toutefois, lorsque la quantité d'acide ingérée n'est pas forte, l'excrétion azotée totale n'augmente que faiblement (Porc n° 1). Contre l'envahissement acide, l'organisme met sans doute en jeu de multiples mécanismes protecteurs. L'augmentation de l'azote total survient lorsque apparaît l'inefficacité de ces mécanismes.

2° Lors d'ingestion d'acide l'excrétion d'urée diminue dans la plupart des cas, celle d'ammoniaque augmente toujours et considérablement — faits bien connus — mais il y a aussi augmentation importante du rejet d'azote aminé. En outre l'azote de la somme « Urée + NH^3 + N aminé » est toujours plus élevé que dans la période témoin : 1093 contre 999 (Porc 1); 1122 contre 950 (Porc 5); 1706 contre 1048 (Porc 6); 1290 contre 1094 (Porc 4). Le processus principal qui conduit à ces corps, celui de la dégradation des matières albuminoïdes, est donc beaucoup plus actif.

	N total.	N urée.	N aminé.	N de NH^3.	N allantoïne.	N Créatinine.	N Créatine.	S. total.	S. neutre.	pH.
Porc n° 1 (reçoit dans la période *acide* 10^g PO^4H^2K) :										
Période sans adjonction d'acide.										
	1302	774	95	130	136	114	10			8,1-8,2
Période avec adjonction d'acide.										
	1442	762	140	191	129	109	10			7,5-7,8
Différence..	+140	−12	+45	+61	−7	−5	0			
Diff. en %.	+10,9	−1,5	+47	+46	−5,1	−4,3	0			
Porc n° 5 (reçoit dans la période *acide* de 7^g à 11^g PO^4H^3) :										
Période sans adjonction d'acide.										
	1275	800	103	47	109	91	0	140	22	8,4-8,8
Période avec adjonction d'acide.										
	1530	671	165	426	109	91	0	185	35	5,8-6,4
Différence..	+265	−229	+62	+379	0	0	0	+45	+13	
Diff. en %.	+20,7	−28,6	+60,1	+806	0	0	0	+31	+59	
Porc n° 6 (reçoit dans la période *acide* 10^g HCl) :										
Période sans adjonction d'acide.										
	1415	863	151	34	146	162				8,2-8,8
Période avec adjonction d'acide.										
	2197	1182	264	360	144	156				4,6-5,0
Différence..	+782	+319	+113	+326	−2	−6				
Diff. en %.	+55,2	+36,9	+74,8	+958	−1,3	−3,7				
Porc n° 4 (reçoit dans la période *acide* 6^g PO^4H^3) :										
Période sans adjonction d'acide.										
	1381	771	214	109	185	142	24			8,1
Période avec adjonction d'acide.										
	2617	474	263	553	204	138	47			6,0-6,4
Différence..	+1236	−297	+49	+444	+19	−4	+23			
Diff. en %.	+89,5	−38,5	+22,8	+407	+10	−2,8	+96			

3°. Non seulement l'excrétion de la créatinine reste rigoureusement constante comme l'ont fort bien vu Mac Collum et Hoagland, mais celle de l'allantoïne, qui traduit le métabolisme purique, ne bouge pas davantage. Il semble donc que seules soient touchées les opérations qui relèvent du métabolisme protéique au sens strict de ce mot. C'est là une nouvelle preuve qui vient à l'appui de la doctrine, formulée et soutenue par l'un de nous, de l'indépendance des divers éléments du métabolisme azoté total.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action directe de l'hypophyse sur les excroissances nuptiales de* Bombinator pachypus. Note de M. **Emile Guyénot** et Mlles **A. Moskowska** et **K. Ponse**, présentée par M. M. Caullery.

Les expériences de castration, greffe de testicules et masculinisation, effectuées par l'une de nous sur *Bombinator pachypus*, se sont heurtées à une difficulté imprévue. La castration, pratiquée sur des animaux fraîchement capturés, entraîne bien la disparition rapide des excroissances nuptiales des mains et de l'avant-bras, mais le simple fait de la captivité provoque, chez les témoins, une régression aussi prompte et presque aussi complète de ces formations. Il est donc impossible de décider si le résultat observé est une suite de la castration ou une conséquence de la vie en dehors des conditions naturelles. Pour la même raison les transplantations de testicules sur mâles castrés ou sur femelles ont été impuissantes à faire réapparaître ou se développer *de novo* des excroissances nuptiales. Le cas du *Bombinator* rappelle celui du *Triton cristatus* : des mâles, trouvés dans la nature avec une crête développée, subissent une réduction considérable de ce caractère sexuel secondaire après quelques jours de captivité.

Pensant que cette action curieuse de la captivité pouvait se ramener à une dépression du fonctionnement endocrinien de la glande génitale, nous avons eu recours à la méthode des implantations répétées d'hypophyse, dont on connaît l'action stimulante sur la gonade. Des témoins à excroissances entièrement régressées, à la suite du séjour au laboratoire ou dans des terrariums, subirent des implantations d'hypophyses de *Bombinator* ou de divers autres Batraciens. En quelques jours ils récupérèrent des excroissances magnifiquement développées et très pigmentées. Toutefois cette action reste momentanée : dès que l'on cesse le traitement, les excroissances disparaissent à nouveau. La même méthode a permis de révéler les trans-

formations latentes exercées dans le territoire des excroissances par les testicules greffés, aussi bien chez les mâles castrés que chez les femelles : des phénomènes très nets de masculinisation ont pu être ainsi obtenus. Ici encore, l'action est temporaire et les formations épidermiques régressent en quelques jours, dès que l'on suspend le traitement hypophysaire. L'étude des greffons testiculaires a montré que l'hypophyse accélère la spermatogenèse et favorise nettement la reprise des transplants. Lorque la greffe et le traitement hypophysaire sont simultanés, les transplants reprennent très vite sans passer par la phase habituelle de dégénérescence. Cependant, cette activation du testicule paraît incapable de rendre compte de la rapidité avec laquelle les excroissances se développent ou disparaissent après le début ou la fin du traitement. Cette remarque nous a conduits à nous demander si l'hypophyse n'exercerait pas une *action directe* sur les excroissances nuptiales elles-mêmes.

Pour nous en assurer, nous avons traité par la méthode des implantations d'hypophyse des castrats récents ou anciens. Chez tous les animaux des excroissances se sont développées malgré l'absence des glandes génitales. Ce résultat a été obtenu même avec des animaux castrés depuis 14 mois; toutefois, les papilles sont d'autant plus clairsemées que la castration est plus ancienne. On peut cesser le traitement puis le recommencer un mois plus tard : les excroissances régressent puis se reforment. Des vérifications soigneuses ont montré qu'il s'agissait de castrats authentiques sans trace de régénérat testiculaire. L'étude histologique de la peau décèle l'existence, dans l'épiderme des castrats, de groupes de cellules, véritables îlots formateurs de papilles cornées, dont l'hypophyse réveille l'activité.

Le traitement hypophysaire paraît d'ailleurs incapable de rien produire chez les femelles simplement castrées. Il faut la collaboration des deux hormones mâle et pituitaire pour amener le développement des excroissances. Nous pensons que l'hormone testiculaire sensibilise le territoire cutané, lui confère sa valeur prospective et que l'hormone hypophysaire révèle ces potentialités latentes en stimulant les phénomènes de croissance et de différenciation. Une fois sensibilisé par l'hormone mâle, le territoire garde, longtemps après la castration, ses aptitudes morphogènes. Ce cas n'est certainement pas général, car quelques essais effectués sur des Crapauds castrés depuis un an n'ont donné aucun résultat. Ajoutons que les implantations d'hypophyses n'ont pas davantage réussi à faire apparaître des excroissances chez des *Alytes obstetricans* entiers.

Les faits relatés montrent l'existence d'une action remarquable exercée *directement* sur un caractère sexuel secondaire par une glande à sécrétion interne autre que la gonade.

BIOLOGIE PHYSICOCHIMIQUE. — *Étude aux rayons X de la cellulose d'*Acetobacter xylinum. Note (¹) de Mme **Y. Khouvine** et MM. **G. Champetier** et **R. Sutra**, transmise par M. G. Urbain.

D'après Brown (²) la membrane formée par l'*Acetobacter xylinum* présente les caractères de la cellulose ; ainsi, elle est soluble dans la liqueur de Schweizer et peut être précipitée de cette solution. Emmerling (³) a indiqué que cette membrane n'est pas constituée par de la cellulose pure et contient probablement de la chitine.

Tout récemment H. Hibbert et J. Barsha (⁴) ont annoncé que la membrane de l'*Acetobacter xylinum* présentait certains caractères chimiques de la cellulose, pouvait s'acétyler et, après désacétylation, donnait un diagramme de diffraction des rayons X semblable à celui de la cellulose des végétaux.

Nos recherches entreprises avec des cultures d'*Acetobacter xylinum* sur divers polyalcools (glycérine, sorbite et α-gluco-heptite) conduisent à des résultats comparables à ceux de Brown, H. Hibbert et J. Barsha et montrent que l'*Acetobacter xylinum* peut former une membrane de cellulose à partir d'alcools contenant un nombre très différent d'atomes de carbone (3, 6 et 7).

Les membranes isolées du bouillon de culture, simplement lavées à l'eau et pressées donnent déjà un diagramme de diffraction des rayons X identique à celui fourni par les linters de coton. Ces membranes par séchage sous tension donnent des phénomènes d'orientation comparables à ceux obtenus avec du coton en fibre (coton Jumel).

Après purification par épuisement au chloroforme, blanchiment à la soude à 2 pour 100 et à l'hypochlorite de sodium à 0,5 pour 100, les membranes présentent la résistance du parchemin et sont comparables comme aspect à la cellulose animale des Tuniciers.

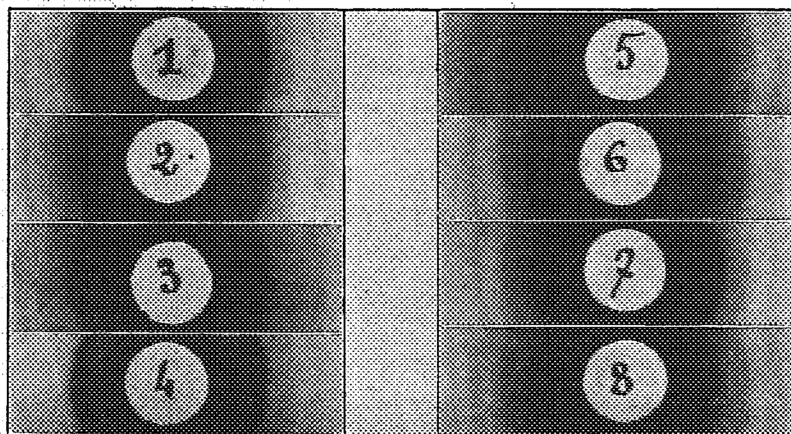
(¹) Séance du 28 décembre 1931.

(²) Brown, *J. Chem. Soc.*, 49, 1886, p. 432.

(³) Emmerling, *Ber. Chem. d. Ges.*, 32, 1899, p. 541.

(⁴) H. Hibbert et J. Barsha, *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 3907 (Communication à l'éditeur).

La cellulose d'*Acetobacter xylinum* présente, vis-à-vis des agents chimiques, une résistance bien supérieure à la cellulose de coton, et, à ce point de vue, peut être tout à fait comparée à la tunicine. En particulier, la cellulose d'*Acetobacter xylinum* peut donner le diagramme de diffraction des rayons X de la cellulose mercerisée, mais seulement après un séjour de plusieurs heures dans une solution de soude à 20 pour 100; l'action de la



Roentgenogrammes des membranes d'*Acetobacter xylinum* (Cu K_α et K_β).
1, linters de coton; 2, 3 et 4, membranes formées respectivement sur glycérine, sorbite et α-gluco heptite; 5, 6, 7 et 8, les mêmes mercerisés.

soude se traduit comme dans le cas de la cellulose végétale par un fort gonflement.

La nitration de la membrane d'*Acetobacter xylinum* est difficile à réaliser, même après pulvérisation et passage au tamis 50. Le diagramme obtenu est identique à celui du nitrocoton. Après dénitration on retrouve le diagramme de la cellulose initiale. La dissolution de la cellulose d'*Acetobacter xylinum* dans la liqueur de Schweizer est également pénible, mais le produit reprécipité de cette solution donne bien, comme dans le cas du coton, le diagramme de la cellulose mercerisée.

Tous ces caractères, en particulier la possibilité d'obtenir et de régénérer les deux formes de la cellulose (cellulose naturelle et cellulose mercerisée) confirment l'identité de la cellulose contenue dans les membranes formées par l'*Acetobacter xylinum* et de la cellulose de coton. Les membranes formées sur d'autres polyalcools et d'autres sucres contiennent aussi vraisemblablement une forte proportion de cellulose; cela montre que l'*Acetobacter xylinum* peut former de la cellulose à partir de corps à fonctions alcooliques les plus divers.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la lyse bactérienne transmissible.* Note [1] de M. René Legroux, présentée par M. E. Roux.

En terminant son travail original où il traite de la lyse bactérienne en série, Twort se demande si le phénomène a pour cause une diastase ou un organisme vivant infiniment petit, il ne se prononce pas entre les deux hypothèses. D'Hérelle qui, après Twort, a enrichi le sujet par ses études, conclut à l'existence d'un parasite des bactéries qu'il appelle bactériophage. Le nom a fait fortune.

L'entretien de la collection bactérienné de l'Institut Pasteur m'a fourni l'occasion d'étudier, sur un grand nombre de souches conservées depuis plus de 25 ans, le phénomène de l'autolyse des bactéries : j'ai pu ainsi observer non seulement la lyse totale transmissible, mais aussi des lyses partielles non transmissibles, ectoplasmique et endoplasmique. Ces différentes lyses correspondent, selon moi, à l'activité variable d'une diastase sur des cellules en division ou sur des cellules vieillies, plutôt qu'à l'action d'un microbe de virulence plus ou moins exaltée. La lyse bactérienne peut d'ailleurs varier d'un repiquage à l'autre, et dans un même tube d'une colonie à sa voisine, tout comme les autres propriétés des bactéries : chromogène, toxique, protéolytique, saccharolytique, etc.

Ces observations m'ont conduit à considérer la lyse en série comme produite par une diastase provenant de la bactérie plutôt que par le parasite de d'Hérelle.

J'ai donc cherché si le principe lytique ne persistait pas en présence d'antiseptiques tuant les cellules sans altérer les diastases.

I. Des tubes contenant du bouillon nutritif sont ensemencés abondamment, avec du staphylocoque doré, à chaque tube on ajoute quelques gouttes d'une dilution dans l'alcool d'essence de moutarde ou de canelle ou de romarin, avant de les porter à l'étuve à 37°. Toutes les six heures je prélève dans chacun des tubes pour ensemencer des milieux nutritifs, bouillon et gélose; dès les premiers repiquages on remarque des modifications dans le caractère des cultures secondes : auto-agglutination des germes en bouillon, dépigmentation et diminution de taille des colonies sur gélose.

---

[1] Séance du 4 janvier 1932.

Après 24 heures de séjour à 37° il n'y a plus de bactéries vivantes dans les bouillons contenant les essences.

Semblable expérience est faite en remplaçant le bouillon ensemencé de staphylocoques par une émulsion en eau distillée de spores de *bacillus subtilis :* après 4 jours à 37° les réensemencements restent stériles; par un contrôle je me suis assuré que la minime quantité d'essence transportée pour ces réensemencements ne nuit pas à la germination des spores.

Donc par adjonction d'essence de moutarde, de romarin, de canelle à des émulsions microbiennes, soit de staphylocoque doré, soit de spores de *bacillus subtilis*, on détruit les cellules vivantes d'une part en 24 heures, d'autre part en 4 jours à 37°.

II. Avec M. Schoen nous avons préparé un extrait diastasique de malt que nous avons conservé pendant 6 jours en présence des mêmes essences : après ce laps de temps le pouvoir liquéfiant et amylolytique n'a pas été sensiblement diminué.

Nous avons ensuite préparé au moyen d'une macération de corps de levures un liquide renfermant de la sucrase; cette solution conserve son pouvoir sucrasique après un contact de 48 heures avec ces mêmes essences, tandis que les levures de la macération sont détruites.

Une solution de pepsine après 48 heures de contact avec ces essences digère, dans le même temps que la solution témoin, un cube d'albumine d'œuf.

Les essences de moutarde, de canelle, de romarin n'empêchent donc pas l'action de l'amylase, de la sucrase et de la pepsine.

III. Enfin, à des filtrats de culture en bouillon de staphylocoque contenant un principe lytique transmissible, actif au dix-milliardième de centimètre cube, j'ajoute chacune des essences qui ont détruit spores et bactéries et laissé intactes les diastases. Après 4 jours à 37°, la lyse transmissible est produite par une goutte de chacun de ces filtrats.

Le principe lytique transmissible s'est donc comporté exactement comme la maltase, la sucrase et la pepsine, c'est-à-dire comme une diastase.

Si le principe lytique est un être vivant, il est bien improbable qu'il soit insensible à l'action d'antiseptiques qui font périr des bactéries aussi résistantes que les spores de *bacillus subtilis*. D'après d'Hérelle, le bactériophage, être vivant unique dans son genre, possède des propriétés différentes de celles des cellules vivantes connues; mais alors, chaque fois que l'on découvrira une propriété étrangère aux bactéries et propre aux diastases, on

pourrait en doter le bactériophage, dont l'existence serait ainsi à l'abri de toute critique actuelle ou future.

D'autres expériences faites avec mon collaborateur Kemal Djemil nous ont montré l'action particulière du formol sur le principe lytique transmissible.

A 15h35m, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15h45m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 3 août 1931.)

Note de M. *G. Pfeiffer*, Sur la relation réciproque entre deux systèmes en involution d'équations linéaires :

Page 285, ligne 18, *au lieu de* possèdent, *lire* peuvent posséder; ligne 20, *au lieu de* la condition (7), *lire* cette condition; ligne 29, *au lieu de* est, *lire* peut être.

(Séance du 4 janvier 1932.)

Note de MM. *A. Grumbach* et *F. Taboury*, Sur la loi des équidistances dans les piles photovoltaïques :

Page 86, ligne 7, *au lieu de* la constitution d'une courbe, *lire* la constitution d'une couche.

Note de M. *René Hazard*, Spartéine et adrénaline :

Page 131, note (2), *ajouter :* La diminution par la spartéine de l'action cardio-inhibitrice de l'acétylcholine ayant déjà été, à mon insu, signalée par MM. F. Mercier et R. Hamet à la Société de Biologie de Marseille (*C. R. Soc. Biologie*, 107, 1931, n° 23, p. 1119), je me fais un devoir de mentionner cette antériorité en addendum à ma Note du 4 janvier 1932.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JANVIER 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les diffuseurs refroidis*. Note de M. **E. JOUGUET**.

I. Depuis quelques années, on a introduit avec succès dans la technique des trompes à fluides compressibles l'usage des diffuseurs refroidis, où la divergence est remplacée par la contraction due au refroidissement. Je me propose de présenter quelques observations sur le fonctionnement de ces appareils, en adoptant les hypothèses et les équations indiquées dans une Note antérieure (¹). Je me référerai donc ici aux notations, aux formules et au numérotage de ladite Note. Toutefois, dans un but de simplification, je supposerai le frottement contre les parois négligeable ($\zeta = 0$).

II. *Diffuseur refroidi cylindrique*. — Pour montrer que le refroidissement est équivalent à une divergence, considérons un diffuseur cylindrique ($\omega = \text{const.}$). Un tel diffuseur fonctionnera comme compresseur si $\frac{dp}{dl} > 0$, c'est-à-dire, par (2), si $\frac{dv}{dl} < 0$, ou encore, par (4), (5), si

$$(a) \qquad v^2 < \Omega^2.$$

On peut d'ailleurs démontrer que, si la condition (*a*) est vérifiée à l'entrée, elle le reste tout le long du diffuseur. Un diffuseur cylindrique

---

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 141. *Errata :* page 141, ligne 6 en remontant, au lieu de dmv^2, lire $dm\zeta v^2$. Dans les formules (7), le dénominateur de la seconde fraction doit s'écrire $-Tv\frac{1}{\omega}\frac{d\omega}{dl}A' + Tv^3B'$.

peut donc être employé pour transformer en pression une vitesse du fluide inférieure à celle du son. C'est ainsi qu'on peut faire cylindriques les aspirateurs thermiques des turbines à vapeur.

Nos équations montrent aussi que, dans un diffuseur cylindrique,

$$(b) \qquad \frac{dT}{dl} = \frac{f}{Mc}\,\frac{v^2 - \Lambda^2}{\Omega^2 - v^2}.$$

Donc la température y augmente ou y diminue suivant que v est supérieur ou égal à Λ, vitesse du son calculée par la formule de Newton. Avec la vapeur saturée ($\Lambda = 0$), elle croît toujours; avec un gaz parfait, elle finit toujours par décroître si le tuyau est assez long.

Pour nous faire une idée du degré de compression $\frac{p_1}{p_0}$ (p_0 pression initiale, p_1 pression finale) qu'on peut obtenir avec un diffuseur cylindrique refroidi, supposons le refroidissement produit par un courant d'eau de température Θ et admettons que $f = H(T - \Theta)$ avec H constant. Les recherches sur la convection calorifique nous apprennent que, en réalité, le coefficient H décroît à mesure que la distance à l'origine augmente [1]; l'hypothèse d'un coefficient de convection constamment égal à sa valeur moyenne est donc très grossière. Nous pouvons néanmoins l'adopter pour nous rendre compte de l'allure générale des phénomènes.

Avec un gaz parfait, l'intégration est possible. On trouve que le maximum de $\frac{p_1}{p_0}$, obtenue dans un tuyau de longueur infinie, est

$$(c) \qquad \frac{p_1}{p_0} = \frac{1}{2}\left(1 + \gamma\frac{v_0^2}{\Omega_0^2}\right) + \sqrt{\frac{1}{4}\left(1 + \gamma\frac{v_0^2}{\Omega_0^2}\right)^2 - \gamma\frac{v_0^2}{\Omega_0^2}\,\frac{\Theta}{T_0}}.$$

C'est pour $v_0 = \Omega_0$ que ce maximum est le plus grand. Si $T_0 = 273 + 35°$ et $\Theta = 273 + 14°$, il vaut 1,6. Un diffuseur adiabatique indéfiniment divergent donnerait $\left(\frac{\gamma + 1}{2}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} = 1{,}9$.

Avec la vapeur saturée, p est fonction de T seul. Posons $\frac{dp}{dT} = \varphi$ et prenons approximativement $I = aT + T\sigma\varphi$ (a chaleur spécifique, prise constante, de l'eau; on néglige le volume de l'eau). A la vérité, cela suppose

---

[1] A. Lévêque, *Les lois de la transmission de la chaleur par convection* (*Annales des Mines*, 12e série, 13, 1928, p. 201). Dans ce travail on trouve, avec la contribution personnelle de l'auteur, le résumé des recherches antérieures, notamment de celles de Boussinesq et de Nüsselt.

que le fluide ne sort pas de la région de saturation et que les condensations et revaporisations s'y font sans retard. Or, dans les applications, la vapeur est probablement en partie surchauffée, et, même si elle est entièrement saturée, il y a sans doute des retards à la vaporisation ou à la condensation : la vapeur se comporte donc, au moins partiellement, comme un gaz. Adoptons néanmoins la forme ci-dessus de I, qui permet de ramener le problème aux quadratures. Le maximum de $\frac{p_1}{p_0}$, obtenu pour une longueur finie du diffuseur, vaut

$$(d) \qquad \frac{p_1}{p_0} = 1 + \frac{v_0^2}{p_0 \sigma_0} = 2,13 \qquad (T_0 = 273 + 30, \text{ titre à l'entrée } 0,8),$$

alors que le diffuseur adiabatique indéfiniment divergent donnerait 1,8.

En somme, le diffuseur cylindrique refroidi est sensiblement équivalent, comme compression, au diffuseur adiabatique divergent. D'ailleurs il est moins encombrant, et, évidemment, moins sujet aux écoulements irréguliers, avec décollements de veine ou retours du fluide.

III. *Diffuseur refroidi convergent cylindrique.* — Pour transformer en pression une vitesse dépassant celle du son et produire ainsi des compressions notables, le diffuseur refroidi doit débuter par une partie convergente et présenter ensuite soit un divergent, soit une partie cylindrique (éjectairs des condenseurs, éjecteurs des machines frigorifiques à eau).

Dans un diffuseur adiabatique à forte compression, formé d'un convergent suivi d'un divergent, on sait que le fonctionnement se fait suivant une courbe intégrale passant, à la section étroite, par un point critique qui est un col. Cette courbe intégrale correspond à certaines données aux limites. La propriété d'un col est qu'il n'existe pas de courbe intégrale voisine de celle-là; par conséquent, aucun fonctionnement régulier, au sens de l'article IV de notre Note du 11 janvier 1932, ne correspond à des données légèrement différentes des données de marche normale : une petite variation de ces données doit donc donner naissance à des écoulements irréguliers, avec ondes de choc, ou décollements de veine, ou retours de fluide, écoulements bien souvent sans doute précaires. Cette remarque est en rapport avec la faible stabilité des diffuseurs, bien connue dans la pratique.

L'expérience indique que les diffuseurs refroidis ont une stabilité plus grande que les adiabatiques. Il est permis de se demander si cela ne tient pas à un changement dans la nature des points critiques. Admettons que le fonctionnement normal se fasse, encore ici, suivant une courbe intégrale passant par un point critique. Il y aura des courbes intégrales voisines de

celle-là, donc des fonctionnements réguliers voisins du fonctionnement normal, si le point critique est un nœud. Recherchons s'il peut en être ainsi.

Nous supposons encore $f = \mathrm{H}(\mathrm{T}-\Theta)$, mais nous considérons ici H (qui dépend en particulier du périmètre refroidissant du tuyau) comme une fonction donnée de l, de dérivée H′. Soit R le rayon du tuyau censé de section circulaire. Le point critique est dans la partie convergente où $\frac{d\mathrm{R}}{dl} < 0$.

Avec les gaz parfaits, les conditions pour que ce point soit un nœud sont

$$(e)\quad \left\{\begin{aligned} &\frac{d^2\mathrm{R}}{dl^2} > \frac{\mathrm{H}'}{\mathrm{H}}\frac{d\mathrm{R}}{dl} + \frac{2}{\mathrm{R}}\left(\frac{d\mathrm{R}}{dl}\right)^2 \left\{\frac{\mathrm{T}+\Theta}{2(\mathrm{T}-\Theta)} - \frac{1}{4(\gamma+1)}\left[1+(\gamma-1)\frac{\Theta}{\mathrm{T}-\Theta}\right]^2\right\},\\ &\frac{d^2\mathrm{R}}{dl^2} < \frac{\mathrm{H}'}{\mathrm{H}}\frac{d\mathrm{R}}{dl} + \frac{2}{\mathrm{R}}\left(\frac{d\mathrm{R}}{dl}\right)^2 \frac{(\gamma+1)\mathrm{T}+(3-\gamma)\Theta}{2(\gamma+1)(\mathrm{T}-\Theta)}. \end{aligned}\right.$$

Elles sont compatibles. Quand $\mathrm{H}' \leqq 0$, la seconde donne une limite positive. Or H′ est certainement négatif : nous avons rappelé plus haut que la théorie de la convection donnait ce résultat même pour un tuyau cylindrique ; dans le cas actuel, la décroissance du périmètre refroidissant au passage du point critique est une nouvelle cause de décroissance pour H, et, de plus, tout indique que H doit diminuer aussi à mesure que l'inclinaison de la paroi sur le jet fluide diminue elle-même. Notre seconde condition exprime donc que la courbure du profil du diffuseur ne doit pas être trop forte.

Avec la vapeur les conditions (toujours compatibles) sont

$$(f)\quad \left\{\begin{aligned} &\frac{d^2\mathrm{R}}{dl^2} > \frac{\mathrm{H}'}{\mathrm{H}}\frac{d\mathrm{R}}{dl} - \frac{2}{\mathrm{R}}\left(\frac{d\mathrm{R}}{dl}\right)^2 \left\{\frac{1}{2} + \frac{\left(\sigma\varphi\frac{\Theta}{\mathrm{T}-\Theta} + \mathrm{T}\sigma\varphi' + 3c\right)^2}{4\mathrm{T}\sigma\varphi\left[\frac{c}{\mathrm{T}} + \frac{3\varphi'}{\varphi}(\mathrm{T}\sigma\varphi'+c) - \mathrm{T}\sigma\varphi''\right]}\right\},\\ &\frac{d^2\mathrm{R}}{dl^2} < \frac{\mathrm{H}'}{\mathrm{H}}\frac{d\mathrm{R}}{dl} - \frac{2}{\mathrm{R}}\left(\frac{d\mathrm{R}}{dl}\right)^2 \left\{\frac{1}{2} + \frac{(\mathrm{T}\sigma\varphi'+2c)\left(\frac{\Theta}{\mathrm{T}-\Theta}\sigma\varphi + c\right)}{\mathrm{T}\sigma\varphi\left[\frac{c}{\mathrm{T}} + \frac{3\varphi'}{\varphi}(\mathrm{T}\sigma\varphi'+c) - \mathrm{T}\sigma\varphi''\right]}\right\}. \end{aligned}\right.$$

La seconde n'est vérifiable avec les diffuseurs que si $\mathrm{H}' < 0$ et même si H décroît plus vite que le périmètre refroidissant. Nous avons dit plus haut que cela devait être. D'ailleurs, dans la réalité, les vapeurs doivent s'écouler en partie comme les gaz (§ II) et les formules qui leur conviennent être intermédiaires entre (f) et (e). Dès lors, il s'agit encore ici d'une limite supérieure de la courbure du profil.

Nos équations comportent des suppositions trop grossières (tranches, frottement négligeable, expression simplifiée du phénomène de convection) pour se prêter à des vérifications quantitatives. Aussi n'est-ce qu'à titre

hypothétique que nous présentons les considérations précédentes sur la stabilité des diffuseurs. Mais nous pensons que ces considérations donnent des indications qualitatives correctes sur le rôle de la courbure du profil des diffuseurs dans leur bon fonctionnement.

IV. *Remarque.* — Nous avons supposé qu'un fluide unique circulait dans le diffuseur. Cela est sensiblement vrai même avec les éjectairs des condenseurs, où la proportion de l'air est seulement le $\frac{1}{10}$ de celle de la vapeur.

GÉOLOGIE. — *Interprétation des gisements de craie magnésienne de Bimont (Oise) et d'Étretat (Seine-Inférieure).* Note de M. **L. Cayeux**.

La craie blanche du Bassin de Paris présente de nombreux accidents minéralogiques qui la transforment, notamment, en craie dite magnésienne. En réalité, sous le nom de craie magnésienne on désigne une gamme de produits très variés, plus ou moins différents de la roche mère, et comprenant des « craies à durillons », des calcaires jaunes faiblement magnésiens, d'une dureté égale à celle de nos calcaires paléozoïques, des rognons libres (buquants) et jusqu'à des sables dolomitiques titrant 39,5 pour 100 de carbonate de magnésie. Du point de vue chimique, l'ensemble des gisements connus fournit tous les types depuis la craie à peine magnésienne jusqu'à la dolomie proprement dite.

Sans jamais être tranchée définitivement la question de l'origine des craies magnésiennes du Bassin de Paris a toujours été résolue en faisant intervenir des sources chargées de magnésie, solution proposée par de Mercey (1), puis adoptée par Ed. Hébert (2), M. Ch. Barrois (3), de Grossouvre (4), etc.

Parmi les gisements étudiés il en est un qui a joué un rôle prépondérant dans les tentatives de démonstration de l'origine profonde de la magnésie,

---

(1) N. de Mercey, *Note sur la craie dans le Nord de la France* (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, 2e série, 20, 1863, p. 631-644).

(2) Éd. Hébert, *Ondulations de la craie dans le Bassin de Paris* (*Ibid.*, 29, 1872, p. 446-472, pl. IV).

(3) Ch. Barrois, *Mémoire sur le terrain crétacé des Ardennes et des régions voisines* (*Ann. Soc. Géol. Nord*, 5, 1878, p. 450).

(4) A. de Grossouvre, *Sur la craie de Bimont près de Breteuil* [*Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3e série, 20, 1892, *Comptes rendus des Séances*, p. xcii et xciii; *Recherches sur la craie supérieure*, 1re Partie (*Mém. Serv. Carte géol. France*, 1901, p. 90 et suiv.)].

c'est le gisement de Bimont, situé à l'ouest de Breteuil dans l'Oise. Une interprétation rigoureuse des faits observés à Bimont conduit, je crois, à une conclusion franchement négative, quant à l'intervention de sources magnésiennes. Et la même conclusion s'impose avec non moins de force pour un gisement d'Étretat beaucoup plus accessible aux investigations.

1° *Gisement de Bimont.* — Il existe à Bimont un très beau gisement de craie magnésienne, subordonné à la craie à *Micraster cor anguinum.* Ce gisement forme un mamelon de quelques centaines de mètres de diamètre, éventré par des carrières en activité ou abandonnées. C'est là, que de Mercey reconnaissait, en 1863, « la disposition et les effets d'une source thermale », ainsi que l'existence de « plusieurs cheminées dont la profondeur est inconnue », cheminées au voisinage desquelles les transformations de la craie revêtent le maximum d'intensité.

Une vue synthétique du gisement de Bimont, résultant d'observations qu'on peut contrôler à tout moment, à l'exception d'une seule, nous le montre dans les conditions suivantes : Le gisement se résout en une cuvette, limitée de toutes parts — fond compris — par une craie noduleuse (craie à durillons), exploitée comme pierre à bâtir, et d'une teneur en carbonate de magnésie qui oscille entre de simples traces et 1,778 pour 100. Du point de vue chimique, cette craie est normale, ou à peine différente de la craie blanche ordinaire, et, seuls, ses caractères physiques ont été profondément modifiés. L'intérieur de la cuvette est occupé par un complexe formé de calcaire, jaune, compact, très dur et magnésien ($MgCO^3$: 1,778 pour 100), de calcaire jaune cristallin ($MgCO^3$: 2,217 pour 100); de calcaire magnésien, caverneux, scoriacé; d'innombrables rognons à texture cristalline ($MgCO^3$: 6,98 pour 100), ou grenue; et de sables calcaires ferrugineux ($MgCO^3$: 1,087 à 1,359 pour 100). Ces teneurs, invariablement très faibles, sont loin d'être comparables à celles des dolomies proprement dites [1].

Le tout, examiné de près, revêt un aspect chaotique qui fait place, à distance, à une ordonnance grossière des éléments en cuvettes concentriques. En outre il existe, dans la masse des matériaux, de nombreux vides, grands et petits, d'orientation quelconque, mesurant jusqu'à 1 et 2^m de longueur. Ces vides, qui témoignent d'une importante réduction de volume par rapport au dépôt crayeux originel, correspondent, à n'en pas

(1) De Mercey indique 5 pour 100 de teneur en magnésie pour la craie de Bimont, sans spécifier le faciès de la roche. (Légende de la feuille de Montdidier.)

douter, aux *cheminées* mentionnées par de Mercey. Il suffit d'observer qu'ils sont toujours privés de communication avec la craie sous-jacente pour démontrer que cette assimilation est loin d'être fondée.

Point capital, le gisement passe de tous côtés et très rapidement à la craie blanche normale, et cela est également vrai pour le fond de la cuvette. Cette dernière observation ne peut être faite que de loin en loin, suivant l'état d'avancement des travaux d'exploitation. Elle l'a été par Graves (¹) en 1847. « Vers la base du massif, écrit-il, la roche est continue, compacte et propre à être taillée comme pierre d'appareil, ... Le dernier banc est une craie grossière, jaune, ... renfermant des rognons devenus rares. » Autrement dit le fond de la cuvette est formé par de la pierre à bâtir, peu ou point modifiée chimiquement et passant à de la craie, normale au point de vue physique. Des observations inédites de M. Jodot et des constatations personnelles échelonnées de 1890 à 1930, ont plusieurs fois confirmé le fait.

Bref la craie magnésienne de Bimont forme un accident pétrographique isolé dans la craie blanche et que rien ne rattache à la profondeur.

Il importe d'ajouter que les transformations de nature chimique, loin de s'accentuer de haut en bas, comme il en doit être si elles sont dues à l'action de sources, atteignent leur minimum sur les bords et au fond de la cuvette. Sur une verticale donnée, en effet, c'est toujours au fond que la teneur en magnésie est le plus faible.

A sa partie supérieure le gisement présente une particularité d'importance fondamentale qui n'a jamais été signalée. Il s'arrête brusquement, comme s'il était tronqué, et supporte, en discordance de stratification très nette, de la craie blanche typique. En conséquence, *la genèse de la craie magnésienne est antérieure au dépôt de la craie blanche qui la surmonte*, et, *pour tout dire*, *elle correspond à une interruption de la sédimentation.*

On peut conclure des conditions réalisées par le gisement — disparition des craies magnésiennes, en profondeur; arrêt brusque des transformations vers le haut; existence d'une couverture crayeuse non modifiée et discordante — que *la métamorphose de la craie a dû se produire sous l'influence d'une action* per descensum, *à partir d'une surface libre*, *en liaison intime avec une rupture d'équilibre qui a relevé très localement le fond de la mer.*

En dernière analyse cette métamorphose se résume en deux épisodes successifs, nettement antérieurs au dépôt de la craie discordante :

(¹) L. Graves, *Essai sur la topographie géognostique du département de l'Oise*, 1847, p. 134.

a. Fixation de carbonate de magnésie et cristallisation, partielle ou totale, du carbonate de chaux, entraînant de profonds changements dans les caractères physiques de la roche.

b. Décalcification intense engendrant de nombreux vides et l'inflexion des produits modifiés dessinant grossièrement des cuvettes concentriques.

2° *Gisement d'Étretat.* — Les éléments d'information revêtent ici une netteté idéale, du fait que tous, sans en excepter un seul, sont réunis au pied d'une falaise où rien n'échappe à l'observation. Dans l'espèce, la craie modifiée me paraît occuper le sommet du Turonien.

De forme générale lenticulaire, le gisement d'Étretat ne mesure guère qu'une quarantaine de mètres de longueur sur $3^{m},50$ d'épaisseur au maximum. La lentille se résout en une craie jaune, faiblement magnésienne ($MgCO^3$: 2,593), d'une cohérence croissante avec la hauteur, franchement cristalline, sonore et extrêmement dure à la partie supérieure. Par sa couleur et sa résistance à l'attaque des flots, la craie magnésienne tranche sur les formations qui l'encadrent. Elle repose sur un banc de craie noduleuse, et d'un bout à l'autre, elle est ravinée par une autre craie noduleuse et creusée de poches d'une amplitude atteignant jusqu'à $1^{m},50$ de profondeur. Il s'ensuit que son développement est antérieur à l'horizon de craie noduleuse qui la surmonte et au phénomène de ravinement sous-marin qui l'a détruite en partie.

Les faits sont tels que *l'accident lithologique correspondant à la craie magnésienne d'Étretat témoigne d'une métamorphose croissante de bas en haut, sans nulle trace de communication avec la profondeur.* Et comme celui de Bimont, *cet accident est en liaison intime avec une interruption de la sédimentation.*

Conclusions. — Tout bien considéré, les formations magnésiennes de Bimont et d'Étretat ont en commun un certain nombre de caractères d'importance fondamentale. Toutes deux sont conditionnées dans leur développement par une modification locale du milieu sous-marin, déterminée par une rupture d'équilibre du fond de la mer. Dans l'enchaînement des circonstances qui ont modifié la craie de part et d'autre, il ne peut être question de réserver une place, si faible soit-elle, à des sources magnésiennes.

On conçoit d'ailleurs que, si de pareilles sources se faisaient jour sur le fond de la mer, il n'en pourrait résulter une action étroitement localisée. De toute évidence, le développement des craies magnésiennes considérées est un phénomène entièrement sous-marin, et seuls, les sels de magnésie de l'eau de mer ont été mis à contribution pour les engendrer. Il est d'ailleurs

possible de démontrer que les exemples de Bimont et d'Étretat relèvent d'une formule générale, embrassant tous les accidents magnésiens du Bassin de Paris, formule qui met uniquement en cause les ruptures d'équilibre des fonds sous-marins, ainsi que la masse considérable de sels en réserve dans les Océans.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur quelques propriétés physiques et chimiques de la mucine des synoviales articulaires.* Note de MM. **Charles Achard** et **Maurice Piettre**.

Nos recherches antérieures chez l'homme ([1]) étant très difficiles à poursuivre à cause du faible volume de liquide articulaire recueilli chez chaque malade, nous avons étudié les épanchements qu'on trouve assez souvent sur les carcasses d'animaux de boucherie envoyées aux Halles centrales, surtout chez le bœuf et le veau. Nous avons choisi de préférence les exsudats chroniques, peu riches en cellules et en fibrine.

Pour éviter l'inconvénient des dilutions aqueuses indiquées précédemment en vue de favoriser la coagulation de la fibrine, nous avons suivi la technique suivante : centrifugation immédiate du liquide, dessiccation sur vide sulfurique, reprise par un égal volume d'eau distillée et centrifugation. Toute la fibrine se trouve éliminée : fibrine libre, fibrine dispersée dans la phase liquide, fibrine que l'un de nous ([2]) a montré provenir de la lyse des leucocytes, véritable leucolyse *in vitro*.

Voici quelques-unes des propriétés de la mucine synoviale isolée par la méthode à l'acétone.

I. L'un de nous, avec A. Boutaric, ([3]) a reconnu que les protéines du sérum, isolées par cette méthode aux basses températures, conservent sensiblement les mêmes propriétés physiques que dans le sérum dont elles proviennent. La formule de Boutaric : $\omega = \frac{1}{h}\left(\frac{\eta - \eta^0}{\eta^0}\right)$, reliant la viscosité ($\eta$) à l'absorption lumineuse (h), permet de mesurer dans une solution colloïdale le nombre de particules correspondant à 1^g de matière sèche.

([1]) Ch. Achard et M. Piettre, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1412, et 192, 1931, p. 996.

([2]) M. Piettre et B. Celan, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 83.

([3]) Ch. Achard et A. Boutaric, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1611, et 193, 1931, p. 273.

Elle permet aussi de constater les changements de volume que peuvent subir les particules sous l'influence du chauffage ou du contact avec l'acétone.

Rappelons que le quotient ω oscille autour de 7 pour les sérums normaux, de même que pour les protéines de ce sérum séparées à 0°.

Cette technique, appliquée dans le laboratoire de M. Boutaric, avec l'aide très dévouée de ses collaborateurs, à des épanchements articulaires et aux solutions de mucine qui en provenaient a donné les résultats suivants :

	Liquide d'arthrite.			Mucine séparée à 0°.		
	h.	$\frac{\tau_1}{\tau_{10}}$.	ω.	*h*.	$\frac{\tau_1}{\tau_{10}}$.	ω.
N° 1 :						
Non chauffé.........	0,34	2,70	5	0,35	5,07	11,60
Chauffé à 57°........	0,31	2,89	6,08	0,33	5,21	12,7
Chauffé à 63°........	0,29	3,62	9,03	0,29	5,65	16,03
N° 2 :						
Non chauffé.........	0,58	2,44	2,46	0,28	6,66	20
Chauffé à 57°........	0,44	2,75	3,98	0,21	7,60	31,43
Chauffé à 63°........	0,38	3,69	7,07	0,19	9,15	42,80
N° 3 :						
Non chauffé.........	0,27	6,23	18,5	0,50	9,16	16,30
N° 4 :						
Non chauffé.........	0,43	2,88	4,37	0,23	3,55	11,08
N° 5 :						
Non chauffé.........	0,25	4,38	13,5	0,24	rigide	–
Chauffé à 57°........	0,23	5,07	17	0,22	–	–
Chauffé à 63°........	0,23	6,80	20,8	0,22	–	–

D'une façon générale, les opacités lumineuses diminuent et les viscosités augmentent par le chauffage; les viscosités des solutions de mucine sont supérieures à celles des liquides originels; enfin le facteur ω augmente.

L'augmentation de ce quotient pour les solutions de mucine montre que, même aux basses températures, l'état physique de cette protéine est modifié, contrairement à ce qui a lieu pour les protéines du sérum.

Les tensions superficielles ont été les mêmes : 57,7 pour les n°s 2 et 4 (liquides bruts) et pour la solution de mucine (n° 2) : 57.

II. Parmi les propriétés chimiques, la mucine synoviale se comporte avec les acides dilués, HCl et CH^3COOH, d'une façon assez analogue à la mucine salivaire, avec cependant une moindre insolubilité dans un excès d'acide acétique.

L'analyse élémentaire, faite par M. Levaillant, a donné pour 100, cendres déduites :

	C.	H.	N.
Mucine de bœuf (cendres 2,5 pour 100)........	48,6	7,00	15,4
Mucine de veau (cendres 1,86 pour 100)........	50,01	7,00	15,07

Nous avons trouvé des teneurs en soufre respectivement de 1,62 et 1,7 pour 100.

Ces matières avaient été séchées entre 105° et 107°. Comme pour les protéines, les pertes d'eau varient notablement avec la température. Une mucine de veau, séchée d'abord sur vide sulfurique, pulvérisée, puis portée à l'étuve, a perdu, pour trois échantillons portés respectivement :

A 105°..................	9,5 pour 100 de son poids
A 107°..................	10,7 pour 100 »
A 109°..................	11,2 pour 100 »

Même après chauffage à 105°, on constate encore une faible dispersion dans l'eau pure.

L'hydrolyse par les acides et de préférence par l'acide sulfurique à 10 pour 100, à l'autoclave à 115° pendant 2 heures, met en évidence un corps réducteur qui, dosé par la méthode de G. Bertrand, et exprimé provisoirement en glucose, a donné une valeur de 8 pour 100. La réduction n'est pas immédiate.

III. Nous avons recherché les réactions humorales provoquées chez les animaux par les injections de mucine. Sur 8 lapins injectés dans les veines (solution de mucine à 2,61 pour 100), 4 sont morts de choc anaphylactique à la quatrième et cinquième injection. Un seul a fourni un sérum floculant avec assez d'activité ($\frac{1}{30000}$) la solution de mucine utilisée comme antigène.

Avec ce sérum, nous avons tenté de déterminer les relations pondérales entre l'antigène et l'anticorps entrant dans le complexe floculé.

Après avoir débarrassé la quantité d'antigène dédoublé (mucine à 1,305 pour 100) capable de floculer complètement un volume donné d'anticorps (sérum précipitant), nous avons mis en réaction 4^{cm^3} d'anticorps et 0^{cm^3}

d'antigène. Après un séjour de 2 heures à 37°, nous avons centrifugé, lavé le floculat à l'eau salée physiologique et pesé sec : $P = 0^g,0602$. La mucine engagée, dont la floculation a été complète, représentait $0^g,0078$. Le floculat (complexe antigène + anticorps) contenait donc 13,00 de mucine pour 100 et 86,9 de protéines sériques.

Une seconde expérience, avec 4^{cm^3} de sérum et 0,7 de mucine, a donné 0,0568 de floculat contenant pour 100 : 15,8 de mucine et 84 de protéines sériques.

Une tentative d'immunisation sur une chèvre nous a fourni un sérum trop peu actif, précipitant seulement à $\frac{1}{250}$, malgré la quantité de mucine injectée (85^{cm^3} d'une solution à $4^g,53$ pour 100), d'abord dans le sang, puis sous la peau.

Ces premiers résultats présentent peut-être quelque intérêt pour les réactions sériques au cours de l'immunisation.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le calcul des lignes à haute tension formées de tronçons à constante différente avec interposition de transformateurs.* Note [1] de M. **André Blondel.**

1. Le cas d'une transmission en série sans transformateurs est celui d'une ligne formée d'un nombre quelconque de tronçons $x_1, x_2, x_3, \ldots$, numérotés en remontant de la station réceptrice à la station génératrice. Pour chacun de ces tronçons q, on appellera $\overline{U}_q$, $\overline{I}_q$ la tension, le courant et le décalage de phase sortant à l'aval de ce tronçon, x_q la longueur mesurée en remontant vers l'amont, $\overline{m}_q$ l'impédance caractéristique, $\overline{n}_q$ la constante de la propagation, $\overline{\varpi}_q$ un arc hyperbolique auxiliaire défini par

$$\operatorname{th}\overline{\varpi}_q = \frac{\overline{m_q I_q}}{\overline{U}_q} = \frac{\overline{m}_q}{\overline{Z}_q},$$

qui mesure le rapport de l'impédance caractéristique m_q à l'impédance apparente $\overline{Z}_q$ du circuit d'aval. On peut ainsi écrire la série d'équations :

---

(1) Séance du 11 janvier 1932.

Tronçons q.	th.	Équations (1). U.	I.
1...	$\text{th}\,\overline{\varpi}_1 = \overline{m}_1 \dfrac{\overline{I}_1}{\overline{U}_1}$	$\dfrac{\overline{U}_1}{\overline{U}_1} = \dfrac{\text{ch}(\overline{\varpi}_1 + \overline{n}_1 \overline{x}_1)}{\text{ch}\,\overline{\varpi}_1}$	$\dfrac{\overline{I}_2}{\overline{I}_1} = \dfrac{\text{sh}(\overline{\varpi}_1 + \overline{n}_1 \overline{x}_1)}{\text{sh}\,\overline{\varpi}_1}$
2...	$\text{th}\,\overline{\varpi}_2 = \dfrac{\overline{m}_2}{\overline{m}_1}\ \text{th}(\overline{\varpi}_1 + \overline{n}_1 \overline{x}_1)$	$\dfrac{\overline{U}_3}{\overline{U}_2} = \dfrac{\text{ch}(\overline{\varpi}_1 + \overline{n}_2 \overline{x}_2)}{\text{ch}\,\overline{\varpi}_2}$	$\dfrac{\overline{I}_3}{\overline{I}_2} = \dfrac{\text{sh}(\overline{\varpi}_2 + \overline{n}_2 \overline{x}_2)}{\text{sh}\,\overline{\varpi}_2}$
....	....	....	....
q...	$\text{th}\,\overline{\varpi}_q = \dfrac{\overline{m}_q}{\overline{m}_{q-1}}\ \text{th}(\overline{\varpi}_{q-1} + \overline{n}_{q-1} \overline{x}_{q-1})$	$\dfrac{\overline{U}_0}{\overline{U}_q} = \dfrac{\text{ch}(\overline{\varpi}_q + \overline{n}_q \overline{x}_q)}{\text{ch}\,\overline{\varpi}_q}$	$\dfrac{\overline{I}_0}{\overline{I}_q} = \dfrac{\text{sh}(\overline{\varpi}_q + \overline{n}_q \overline{x}_q)}{\text{sh}\,\overline{\varpi}_q}$

On peut ainsi calculer successivement tous les angles auxiliaires par la colonne 2, puis les rapports des tensions et des courants par équation vectorielle des colonnes (2) et (3). Le module donne le rapport scalaire et l'argument la différence de phase. Si l'on fait les produits membre à membre des équations de la deuxième colonne puis ceux de la troisième colonne, on obtient le rapport vectoriel des tensions, et celui des courants respectivement [1]

$$\frac{\overline{U}_0}{\overline{U}_1} = \frac{\text{ch}(\overline{\varpi}_1 + \overline{n}_1 x)}{\text{ch}\,\overline{\varpi}_1}\,\frac{\text{ch}(\overline{\varpi}_2 + \overline{n}_2 x_2)}{\text{ch}\,\overline{\varpi}_2} \cdots \frac{\text{ch}(\overline{\varpi}_q + \overline{n}_q x_q)}{\text{ch}\,\overline{\varpi}_q}, \tag{2}$$

$$\frac{\overline{I}_0}{\overline{I}_1} = \frac{\text{sh}(\overline{\varpi}_1 + \overline{n}_1 x)}{\text{sh}\,\overline{\varpi}_1}\,\frac{\text{sh}(\overline{\varpi}_2 + \overline{n}_2 x_2)}{\text{sh}\,\overline{\varpi}_2} \cdots \frac{\text{sh}(\overline{\varpi}_q + \overline{n}_q x_q)}{\text{sh}\,\overline{\varpi}_q} \tag{3}$$

On peut aussi calculer la chute de tension en partant de la station génératrice, si l'on se donne *a priori* l'admittance $\dfrac{\overline{I}_1}{\overline{U}_1} = \dfrac{1}{\overline{Z}_1}$ des récepteurs.

Si l'on a à calculer toute une série de régimes différents, on gagnera du temps en déterminant le circuit à quatre bornes équivalent à l'ensemble et défini par deux équations

$$\overline{U}_0 = \overline{T}_0 \overline{U}_1 + \overline{Z}_0 \overline{I}_1, \tag{4}$$

$$I_0 = \overline{B}_0 \overline{U}_1 + D_0 I_1, \tag{5}$$

contenant quatre constantes vectorielles satisfaisant à la condition de Maxwell $\overline{T}_0 \overline{D}_0 - \overline{B}_0 \overline{Z}_0 = 1$; $\overline{T}_0 \overline{D}_0$ sont des constantes numériques, $\overline{B}_0$ une admittance, $\overline{Z}_0$ une impédance.

---

[1] Les calculs peuvent être exécutés par exemple au moyen des abaques de Brown-Blondel édités par la *Revue générale d'Électricité*. Les tables de Kennelly peuvent aussi être utilisées, ou tous autres types d'abaques.

T_0 et $\overline{Z}_0$ s'obtiennent en calculant le régime $\overline{U}'\overline{I}'$ à circuit ouvert ($I = 0$); $\overline{B}_0$ et $\overline{D}_0$ se déduisent du régime $\overline{U}''\overline{I}''$ de la ligne en court circuit $(\overline{U}_1 = 0)$. On trouve ainsi les expressions

$$(6)\quad \begin{cases} \overline{T}_0 = \dfrac{\overline{U}'_0}{\overline{U}_1} = \operatorname{ch}\overline{n}_1 x_1 \dfrac{\operatorname{ch}(\overline{\varpi}'_2 + \overline{n}_2 x_2)}{\operatorname{ch}\overline{\varpi}'_2} \cdots \dfrac{\operatorname{ch}(\overline{\varpi}'_q + \overline{n}_q x_q)}{\operatorname{ch}\overline{\varpi}'_q}, \\ \overline{B}_0 = \dfrac{\overline{I}'_0}{\overline{U}_1} = \dfrac{\operatorname{sh}\overline{n}_1 x_1}{\overline{m}_1} \dfrac{\operatorname{sh}(\overline{\varpi}'_2 + \overline{n}_2 x_2)}{\operatorname{sh}\overline{\varpi}'_2} \cdots \dfrac{\operatorname{sh}(\overline{\varpi}'_q + \overline{n}_q x_q)}{\operatorname{sh}\overline{\varpi}'_q}; \end{cases}$$

$$(7)\quad \begin{cases} \overline{Z}_0 = \dfrac{\overline{U}''_0}{\overline{I}_1} = \overline{m}_1 \operatorname{sh}\overline{n}_1 x_1 \dfrac{\operatorname{ch}(\overline{\varpi}''_2 + \overline{n}_2 x_2)}{\operatorname{ch}\overline{\varpi}''_2} \cdots \dfrac{\operatorname{ch}(\overline{\varpi}''_q + \overline{n}_q x_q)}{\operatorname{ch}\overline{\varpi}''_q}, \\ \overline{D}_0 = \dfrac{\overline{I}''_0}{\overline{I}_1} = \operatorname{ch}\overline{n}_1 x_1 \dfrac{\operatorname{sh}(\overline{\varpi}''_2 + \overline{n}_2 x_2)}{\operatorname{sh}\overline{\varpi}''_2} \cdots \dfrac{\operatorname{sh}(\varpi''_q + n_q x_q)}{\operatorname{sh}\varpi''_q}. \end{cases}$$

Ces expressions ne permettent pas de vérifier directement la relation de Maxwell $\overline{T}_0\overline{D}_0 - \overline{B}_0\overline{Z}_0 = 1$. Mais on est assuré qu'elle est satisfaite parce que les résultats de ce calcul sont forcément les mêmes que ceux du calcul qu'on ferait après avoir remplacé chaque ligne par un circuit équivalent à quatre pôles; les équations qui permettent de passer du tronçon q au tronçon $q+1$ sont de la forme linéaire

$$(8)\qquad \overline{U}_{q+1} = \overline{T}_q\overline{U}_q + \overline{Z}_q\overline{I}_q; \qquad \overline{I}_{q+1} = \overline{B}_d\overline{U}_q + \overline{D}_q\overline{I}_q.$$

On obtiendra donc les équations (4), (5) en éliminant les U et I intermédiaires entre une série d'équations de ce genre, et les coefficients $\overline{T}_0$, $\overline{Z}_0$, $\overline{B}_0$, D_0 de (4), (5), ne sont fonctions que des coefficients constants des diverses équations. Par le fait même que les équations sont linéaires, on sait qu'elles satisfont à la condition de Maxwell.

On pourrait évidemment calculer les coefficients de proche en proche par des éliminations successives, mais le calcul est plus rapide et plus élégant par les fonctions hyperboliques que par les procédés algébriques ou graphiques équivalents.

2. Le cas de transformateurs interposés entre des tronçons, ou à l'entrée ou à la sortie de la ligne, se ramène au cas précédent en remplaçant le transformateur par un tronçon de ligne équivalent; pour cela, il suffit d'égaler respectivement le transformateur et la ligne à un circuit en T à 4 bornes équivalent, ayant, comme le précédent, quatre constantes $\overline{T}$, $\overline{Z}$, $\overline{B}$, $\overline{D}$, satisfaisant à la condition de Maxwell $\overline{TZ} - \overline{BD} = 1$. Si l'on appelle p le rapport de transformation du transformateur $\overline{z}'$ et z'' les impédances apparentes

de fuites primaire et secondaire, $\overline{Y}$ son admittance apparente de dérivation rapportée aussi au primaire, $\overline{m}$ et $\overline{n}$ deux constantes (analogues à l'impédance caractéristique et au produit de la constante de propagation d'une ligne par sa longueur), a un facteur de transformation à déterminer, analogue au facteur p, on peut écrire symétriquement, d'après les propriétés des transformateurs et des lignes, les quatre relations

$$(9)\qquad \left\{\begin{array}{l} \overline{T}=\overline{a}\ \mathrm{ch}\,\overline{u}=p(1+\overline{z}'\overline{Y}), \\ \overline{Z}=\overline{m}\ \mathrm{sh}\,\overline{u}=\overline{z}'+p^2\overline{z}''+\overline{z}'p^2\overline{z}''\overline{Y}; \end{array}\right.$$

$$(10)\qquad \left\{\begin{array}{l} \overline{B}=\dfrac{1}{\overline{m}}\ \mathrm{sh}\,\overline{u}=\overline{Y}, \\ \overline{D}=\dfrac{1}{\overline{a}}\ \mathrm{ch}\,\overline{u}=\dfrac{1}{p}(1+p^2\overline{z}''\overline{Y}). \end{array}\right.$$

La condition de Maxwell se réduit pour le transformateur à une identité et pour la pseudo-ligne à l'identité $\mathrm{ch}^2 u-\mathrm{sh}^2 u=1$. De (9) et (10) on déduit les constantes (¹).

Si $\overline{z}'\neq p^2\overline{z}''$,

$$\textit{Équations (11)}\qquad \left\{\begin{array}{l} \overline{a}=\sqrt{\dfrac{\overline{T}}{\overline{D}}}=p\sqrt{\dfrac{1+\overline{z}''\overline{Y}}{1+p^2\overline{z}''\overline{Z}}}, \\ u=\mathrm{arh\,ch}\sqrt{\overline{T}\,\overline{D}}=\mathrm{arh\,sh}\sqrt{\overline{D}\,\overline{Y}}, \\ \mathrm{sh}^2\overline{u}=\overline{z}'+p^2\overline{z}''+\overline{z}'p^2\overline{z}''\mathrm{Y}, \\ \overline{m}=\sqrt{\dfrac{\overline{Z}}{\overline{D}}}=\dfrac{\mathrm{sh}\,\overline{u}}{\sqrt{\overline{Y}}}. \end{array}\right.$$

Si $\overline{z}'=p^2\overline{z}''=\dfrac{\overline{Z}}{2}$,

$$a=p,$$
$$\mathrm{sh}^2\overline{u}=\overline{Z}+\frac{\overline{Z}^2}{4}\approx\overline{Z},$$
$$\overline{m}=\sqrt{\frac{\overline{Z}}{\overline{Y}}}.$$

(¹) Dans les transformateurs, il est assez difficile d'évaluer le rapport $\dfrac{\overline{z}'}{\overline{z}''}$ et en général on peut admettre $\overline{z}'=p^2\overline{z}''=\dfrac{Z}{2}$, en appelant $\overline{Z}$ l'impédance totale de fuites rapportée au primaire.

Si donc on remplace l'un quelconque des tronçons, par exemple le second de la ligne considérée plus haut, par le transformateur qu'on vient de définir, les rapports $\frac{\overline{U}_3}{\overline{U}_2}$, $\frac{\overline{I}_3}{\overline{I}_2}$ [équ. (1)] sont remplacés par les suivants (où $\overline{u}$, $\overline{a}$, $\overline{m}$ ont les valeurs qu'on vient de calculer) :

$$(12)\qquad \frac{\overline{U}_3}{\overline{U}_2} = \overline{a}\,\frac{\operatorname{ch}(\overline{\varpi}_2 + \overline{u})}{\operatorname{ch}\overline{\varpi}_2}, \qquad \frac{\overline{I}_3}{\overline{I}_2} \approx \frac{\operatorname{sh}(\overline{\varpi}_2 + \overline{u})}{\overline{a}\operatorname{sh}\overline{\varpi}_2},$$

et l'angle $\overline{\varpi}_3$ est remplacé ensuite par un autre satisfaisant à l'équation

$$(13)\qquad \operatorname{th}\overline{\varpi}_3 = \overline{m}\,\frac{\overline{I}_3}{\overline{U}_3} = \frac{1}{\overline{a}^2}\,\frac{\overline{m}}{\overline{m}_2}\operatorname{th}(\overline{\varpi}_2 + \overline{u}).$$

Tout le reste de la solution reste inchangé, sous réserve de la remarque suivante.

Un transformateur remplaçant le tronçon d'aval n° 1 sera représenté par les deux équations

$$(14)\qquad \overline{U}_2 = \overline{T}\,\overline{U}_1 + \overline{Z}\,\overline{I}_1,$$

$$(15)\qquad \overline{I}_2 = \overline{B}\,\overline{U}_1 + \overline{D}\,\overline{I}_1,$$

dans lesquelles $\overline{T}$, $\overline{Z}$, $\overline{B}$, $\overline{D}$ ont les valeurs données par les seconds membres des équations (9) et (10).

Il en résulte que, dans les expressions (9) et (10) des constantes $\overline{T}_0$, $\overline{Z}_0$, $\overline{B}_0$, $\overline{Z}_0$, du circuit à quatre bornes équivalent au système total, obtenues par la considération des régimes de circuit ouvert et de court circuit, on devra remplacer

Dans $\overline{T}_0$, $\operatorname{ch}\overline{n}_1 x$ par $p(1 + \overline{z}'\overline{Y})$;

Dans $\overline{B}_0$, $\frac{\operatorname{sh}\overline{n}_2 x}{\overline{m}_1}$ par $\overline{Y}$;

Dans $\overline{Z}_0$, $\overline{m}_1 \operatorname{sh}\overline{n}_2 x$ par $\overline{z}' + p^2\overline{z}'' + \overline{z}' p^2 \overline{z}''\overline{Y}$;

Dans $\overline{D}_0$, $\operatorname{ch}\overline{n}_2 x$ par $\frac{1 + p^2\overline{z}''\overline{Y}}{p}$.

Les solutions pour une ligne complexe s'étendent donc sans difficulté à des lignes combinées avec des transformateurs et donnent facilement dans tous les cas un circuit à quatre bornes équivalent à l'ensemble du système. Ce système à quatre bornes ne peut, d'ailleurs, être remplacé par une ligne à deux constantes m et x, mais seulement par une pseudo-ligne présentant une troisième constante $\overline{a}$ assimilable à un rapport de transformation de transformateurs, mais complexe (vectoriel).

CHIMIE MINÉRALE. — *Nouvelles recherches sur les chlorures chromiques hydratés*. Note ([1]) de M. **A. Recoura**.

D'après la théorie des complexes de Werner on peut prévoir l'existence de quatre variétés isomères de chlorure chromique hydraté :

1° $[Cr(H^2O)^6]Cl^3$, chlorure hexaquochromique (chlorure gris de Recoura);

2° $[Cr(H^2O)^5Cl]Cl^2, H^2O$ chlorure pentaquochromique (chlorure vert de Bjerrum);

3° $[Cr(H^2O)^4Cl^2]Cl, 2H^2O$, chlorure tétraquochromique (chlorure vert de Recoura);

4° $[Cr(H^2O)^3Cl^3]$, chlorure triaquochromique, non électrolyte.

Depuis la publication en 1886 des travaux où j'établissais l'existence des deux isomères 1 et 3, cette question a fait l'objet de très nombreux et importants travaux, notamment de Werner, Bjerrum, Weinland, etc. (plus de soixante Mémoires). Mais malgré ces nombreuses recherches, on n'était pas parvenu, jusqu'à ces dernières années, à isoler l'isomère n° 4 de la série wernerienne, dans lequel les trois atomes de chlore sont dissimulés. Dans un Mémoire extrêmement intéressant ([2]), consacré à l'étude des complexes du chrome, MM. del Campo, Manzanno et Mallo annoncent, entre autres résultats, qu'ils croient l'avoir oblenu en chauffant le chlorure tétraquochromique entre 90° et 100° dans un courant de gaz HCl et à une surpression d'environ dix centimètres de mercure. Ils le décrivent brièvement en annonçant que son étude fera l'objet d'un Mémoire ultérieur.

J'ai également préparé ce composé par deux méthodes différentes, beaucoup plus simples, et qui ont l'avantage de fournir des renseignements intéressants sur la constitution de ces complexes remarquables. Toutes les deux prennent comme point de départ mon chlorure vert tétraquochromique, $[Cr(H^2O)^4Cl^2]Cl, 2H^2O$, qui est la forme pour ainsi dire habituelle du chlorure hydraté, en ce sens que c'est celle que l'on retire normalement des dissolutions.

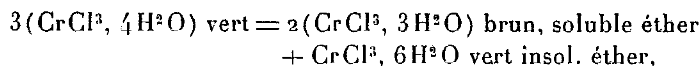
Première méthode. — Le ehlorure vert $[Cr(H^2O)^4Cl^2]Cl, 2H^2O$, maintenu dans le vide sec pendant 3 ou 4 jours, perd, tout en conservant sa couleur les $2H^2O$ qui sont en dehors du radical complexe. Cette perte d'eau, con-

---

([1]) Séance du 11 janvier 1932.

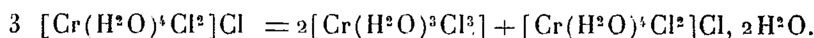
([2]) *Anales Soc. Espanola de fisica y quimica*, 25, 1927, p. 186.

trairement à ce que l'on croyait jusqu'à ce jour, modifie profondément ses propriétés. En effet, tandis que le chlorure primitif à $6H^2O$ est insoluble dans l'éther pur anhydre, le chlorure déshydraté à $4H^2O$ s'y dissout partiellement en donnant une liqueur *brune*, légèrement violette, et en laissant un résidu insoluble vert de chlorure à $6H^2O$. Les deux tiers *exactement* du chlorure à $4H^2O$ sont passés en dissolution à l'état de chlorure à $3H^2O$ *brun*, le tiers insoluble étant du chlorure à $6H^2O$, de sorte que le dédoublement provoqué par l'éther peut se représenter ainsi :



$$3(CrCl^3, 4H^2O) \text{ vert} = 2(CrCl^3, 3H^2O) \text{ brun, soluble éther} + CrCl^3, 6H^2O \text{ vert insol. éther,}$$

c'est-à-dire



$$3\,[Cr(H^2O)^4Cl^2]Cl = 2[Cr(H^2O)^3Cl^3] + [Cr(H^2O)^4Cl^2]Cl, 2H^2O.$$

Le chlorure brun ainsi obtenu est, d'après ses propriétés, très vraisemblablement le même que celui obtenu par M. del Campo par la déshydratation du même chlorure à $6H^2O$ à 100° dans un courant de gaz HCl sous pression. Mais le procédé est beaucoup plus simple et fournit de plus un renseignement sur la constitution du chlorure vert à $4H^2O$. Ce chlorure déshydraté à $4H^2O$ ne doit pas, en effet, être considéré comme un mélange de $\frac{2}{3}$ de chlorure brun et de $\frac{1}{3}$ de chlorure vert à $6H^2O$, mais comme une combinaison de ces deux chlorures. Car, d'une part, le produit est vert franc et, d'autre part, l'extraction du chlorure brun par l'éther ne se fait que progressivement et n'est complète qu'au bout de 2 ou 3 jours, tandis que, comme je le montre plus loin, lorsqu'il est à l'état de mélange, la couleur est grise et la dissolution immédiate.

J'ajouterai que le chlorure à $6H^2O$, déshydraté incomplètement (entre $6H^2O$ et $4H^2O$) se comporte vis-à-vis de l'éther comme un mélange de chlorure à $4H^2O$ et de chlorure à $6H^2O$, le premier seul cédant du chlorure brun à l'éther, de sorte que la proportion de chlorure brun peut se calculer à l'avance d'après la richesse en eau du chlorure déshydraté et cela, que le degré de déshyratation ait été obtenu directement par la déshydratation incomplète du chlorure à $6H^2O$, ou indirectement, par la réhydratation partielle du chlorure à $4H^2O$ à l'air. J'ajouterai enfin que le chlorure à $6H^2O$ résidu insoluble du traitement par l'éther du chlorure à $4H^2O$ est identique au chlorure à $6H^2O$ primitif et que, comme lui, déshydraté dans le vide à $4H^2O$ il est dédoublé par l'éther en $\frac{2}{3}$ de chlorure brun et $\frac{1}{3}$ de chlorure à $6H^2O$.

Action prolongée du vide. — Le chlorure à $4H^2O$ obtenu par la con-

servation dans le vide sec du chlorure à $6H^2O$ pendant 3 ou 4 jours, maintenu ensuite dans le vide, subit à son tour une déshydratation. Mais cette perte d'eau est extrêmement lente et se poursuit pendant des années. Pendant cette deuxième phase le phénomène est tout autre. Le chlorure vert à $4H^2O$ se transforme en un *mélange* de couleur gris violet de chlorure brun *libre* et de chlorure à $4H^2O$ vert inaltéré. En effet la matière gris violet, traitée par l'éther, lui cède en quelques minutes la totalité du chlorure brun libre qu'elle contient et laisse un résidu vert de chlorure à $4H^2O$, qui, lui, ne cède à l'éther du chlorure brun que lentement et progressivement. Ainsi donc, dans cette deuxième phase, le vide transforme lentement le composé $[Cr(H^2O)^4Cl^2]Cl$ en $[Cr(H^2O)^3Cl^3]$. L'eau s'en va beaucoup plus difficilement que dans la première phase, parce que c'est de l'eau contenue dans le radical complexe. Dans un échantillon conservé un an dans le vide sec, 51 pour 100 du chlorure vert $[Cr(H^2O)^4Cl^2]Cl$ ont été transformés en chlorure brun $[Cr(H^2O)^3Cl^3]$, le reste n'étant pas modifié.

Deuxième méthode. — J'ai retiré le chlorure brun du chlorure vert tétraquochromique $CrCl^3 6H^2O$ par une deuxième méthode complètement différente. Le chlorure vert se dissout dans l'acétone en donnant une dissolution qui, dans les premiers moments, est vert franc, mais qui, au bout d'une demi-heure, est vert brun. La dissolution acétonique, comme il est facile de le démontrer, est alors un mélange de $\frac{2}{3}$ de chlorure brun et de $\frac{1}{3}$ de chorure vert à $6H^2O$, c'est-à-dire que l'acétone fait subir au chlorure vert à $6H^2O$ le même mode de dédoublement que l'éther fait subir au chlorure vert à $4H^2O$. On le démontre en versant la solution acétonique goutte à goutte dans un grand excès d'éther anhydre. L'éther dissout le chlorure brun; le chlorure vert, insoluble dans l'éther, se précipite sous la forme d'une poudre verte de composition $CrCl^3,6H^2O$. Pour obtenir ce résultat il faut employer un volume d'éther au moins 40 fois supérieur au volume de la solution acétonique (solution à 10 pour 100). Si l'on emploie un volume d'éther inférieur, le chlorure vert est précipité sous la forme d'une masse gommeuse qui retient encore du chlorure brun.

Pour retirer le chlorure brun de la solution acétonique il suffit d'évaporer cette dissolution dans le vide et d'épuiser la matière sèche par l'éther. Comme on a là un *mélange* de chlorure brun et de chlorure vert l'épuisement se fait alors en quelques minutes, à moins que, pendant l'évaporation dans le vide, le chlorure vert à $6H^2O$, mélangé au clhorure brun, n'ait été partiellement déshydraté, auquel cas, il cédera, lui aussi, à l'éther du chlo-

rure brun, mais progressivement seulement. Le rendement en chlorure brun sera alors supérieur aux deux tiers. Il serait inférieur aux deux tiers si l'évaporation était lente, par suite de la recombinaison partielle des deux chlorures pendant la concentration.

Dans un Mémoire ultérieur j'étudierai les propriétés du chlorure brun. Mais je dois dire dès maintenant que cette étude ne peut se faire en dissolution aqueuse, car le chlorure brun, dissous dans l'eau, donne dans les premiers moments une liqueur vert jaunâtre instable, qui n'est déjà plus le chlorure brun et qui, en quelques minutes, se transforme en une liqueur vert franc, qui est le chlorure tétraquochromique.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *La végétation de l'Anti-Atlas.* Note (1) de MM. **René Maire** et **Louis Emberger.**

La végétation de l'Anti-Atlas est restée presque complètement inconnue jusqu'à cette année 1932. Cosson avait reçu et étudié des plantes de l'Anti-Atlas récoltées par des indigènes marocains (Mardochée et Ibrahim), mais ces indigènes avaient été incapables de le renseigner sur les formations et associations végétales du pays. L'un de nous avait abordé en 1922 les premières pentes du versant Nord de l'Anti-Atlas sur deux points (Djebel Inter au sud-est de Tiznit et Adar-ou-Aman au sud de Taroudant) et constaté qu'elles sont là occupées par l'Arganiaie sous divers faciès (2). Ce n'est qu'en 1931 que l'état politique du pays a permis une exploration moins incomplète. Il importait particulièrement de déterminer quelles pouvaient être la végétation des parties élevées de la chaîne, au-dessus des Arganiaies, et celle du versant sud. Nous avons pu explorer le plateau des Aït-Baha (500-600^m) et de Toufellazt (1200-1800^m), puis traverser l'Anti-Atlas de Tiout à Içafen, en étudiant les montagnes des environs d'Igherm (Mont Fidoust, 2200^m).

Le versant Nord est occupé par l'Arganiaie, souvent accompagnée d'une Euphorbe cactiforme (*Euphorbia Echinus* Coss. et Hooker) jusqu'à une altitude assez élevée (près de 1550^m dans les parties du pays où la végétation n'a pas été trop dégradée). Le plus souvent l'Arganiaie disparaît brusquement vers 1400^m, mais cette disparition est certainement due à l'action de l'homme. Entre 1400 et 2200^m, dans toutes les parties que nous avons

(1) Séance du 11 janvier 1932.

(2) Maire, *Sur la végétation du Sud-Ouest Marocain* (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 827-829).

étudiées, les plateaux et les montagnes sont relativement très peuplés et horriblement dénudés, à tel point qu'il est extrêmement difficile de reconnaître quelle était la végétation primitive. Il y a de très nombreux Amandiers dans les ravins et même sur les pentes, mais ils ne sont nullement spontanés. Les débris de végétation que nous avons pu retrouver à grand peine nous font admettre que la végétation primitive de ces montagnes était une forêt-steppe à *Juniperus phœnicea*, avec, peut-être, quelques *Quercus Ilex* L. sur les pentes exposées au nord des plus hautes montagnes (2000-2500^m). Nous n'avons pas vu un seul *Juniperus phœnicea* L., mais nos conclusions sont confirmées par le fait que le Dr Nain (1), au cours d'une mission médicale, a observé quelques-uns de ces arbres dans une localité située à peu de distance de notre itinéraire. Cette forêt-steppe est devenue entre 1600 et 1800^m, par dégradation, une association demi-steppique où domine un arbrisseau épineux, le *Carthamus fruticosus* Maire, espèce qui fait partie de l'association du *Juniperus phœnicea* sur le versant Sud du Grand Atlas; et, au-dessus, de 1800 à 2200^m, une association steppique à *Ormenis scariosa* (Ball) Lit. et Maire, plante souvent dominante dans les clairières du *Juniperetum phœnicea* et du *Quercetum Ilicis* dans le Grand Atlas. Il est possible que, plus à l'Ouest, le *Juniperus phœnicea* ait été remplacé par le *Callitris articulata* (Vahl) Murb., qui a été signalé dans l'Anti-Atlas par des voyageurs non botanistes. La végétation paraît d'ailleurs mieux conservée dans les montagnes occidentales, tout au moins au Mont Kest, d'où le lieutenant Segonne nous a rapporté des *Cistus*, le *Quercus Ilex* L. et un *Adenocarpus* nouveau, récoltés entre 1800 et 2000^m d'altitude.

Sur le versant Sud, le *Carthametum fruticosi* disparaît vers 1650^m pour faire place à une steppe à *Artemisia herba-alba* Asso. L'Alfa (*Stipa tenacissima* L.) manque complètement dans les parties de l'Anti-Atlas que nous avons étudiées. Vers 1400^m, la steppe précédente fait place à la steppe désertique à *Haloxylon scoparium*, formation caractéristique du Sahara septentrional. La flore du Djebel Bani, ride parallèle à l'Anti-Atlas, qui s'étend entre celui-ci et l'Oued Drâa, est purement saharienne.

Ajoutons que, dans toute la partie explorée, les associations végétales sont peu différentes, aux mêmes altitudes, sur les terrains calcaires, gréseux et cristallins. Il semble toutefois que sur le Mont Kest des associations calcifuges aient pu se différencier.

---

(1) Observation inédite consignée dans son rapport de mission.

PHYSIOLOGIE. — *Intensité de la circulation mammaire chez la Chèvre en lactation.* Note de MM. **Ch. Porcher** et **L. Jung.**

Si, dans certaines circonstances, à la vérité quelque peu exceptionnelles, il a été possible de réaliser dans les glandes une dissociation de la sécrétion et de la circulation (Ludwig, Heidenhain, etc.), il n'en demeure pas moins que, dans les conditions habituelles, il existe un parallélisme étroit entre ces deux manifestations de l'activité glandulaire et qu'à une sécrétion plus forte, doit nécessairement correspondre une circulation plus intense. Le contraire serait proprement paradoxal. Chauveau et Kaufmann l'ont bien montré, qui ont établi, chez le cheval, qu'en période d'activité, la circulation, à travers les muscles masséter et releveur de la lèvre supérieure et la glande parotide, devenait de 3 à 5 fois plus importante qu'elle ne l'était à l'état de repos. La quantité de sang qui traverse par minute 1^{kg} d'organe, et qu'ils appellent *coefficient d'irrigation sanguine*, peut ainsi passer de $0^l,128$ à $0^l,597$.

Il nous a paru intéressant de mesurer l'intensité de la circulation mammaire chez nos femelles domestiques. La mamelle présente une activité considérable pendant la lactation et qui nécessite une irrigation sanguine importante.

Chez la vache, la brebis, la chèvre, la mamelle est desservie de chaque côté par *une seule artère:* l'artère mammaire, branche de la honteuse externe. Le sang efférent est drainé par *trois veines;* la mammaire antérieure, ou sous-cutanée abdominale, *volumineuse et sinueuse;* la moyenne, également volumineuse, et satellite de l'artère précitée; et la postérieure, beaucoup plus petite que les deux précédentes.

Nous avons mesuré le débit de l'artère mammaire, comparativement chez la chèvre sèche et en pleine lactation, au moyen de l'*hémodromomètre de Ludwig* (Stromuhr).

Technique. — En dehors de toute anesthésie générale qui pourrait fausser les résultats et à la faveur de pulvérisations locales de chlorure d'éthyle, l'artère mammaire, les veines mammaires moyenne et antérieure, parfois aussi une carotide, sont mises à nu. Le Stromuhr est intercalé sur le trajet de l'artère mammaire, puis, s'il y a lieu, de la carotide (pour avoir un terme de comparaison).

Les résultats obtenus ont été de l'ordre des suivants :

Chèvre 1 (6 ans, 43kg, complètement *sèche*). — Débit de l'artère mammaire :

Par heure	1l,020
Par jour	24l,480

soit, pour les deux artères, donc, pour l'ensemble de la glande, 48l,960.

Chèvre 2 (5 ans, 49kg, *en pleine lactation*). — Traite à fond, et deux fois par jour, pendant la semaine qui précède l'expérience. Donne une moyenne de 2l,400 de lait par jour. Elle est traite une dernière fois immédiatement avant l'expérience.

Débit de l'artère mammaire :

Par heure	3l,600
Par jour	86l,400

soit, pour la mamelle entière, 172l,800. Poids de la mamelle : 1080g.

Surface de section des principaux vaisseaux, exprimée en millimètres carrés :

Artère mammaire	1,767
Veine moyenne	50,265
Veine antérieure	50,265

Chèvre 3 (10 ans, 46kg ; *en lactation*). — Même préparation que pour la chèvre 2.

Quantité moyenne de lait sécrété par jour : 1l,200.

Surface de section des vaisseaux de la mamelle, en millimètres carrés :

Artère mammaire	4,523
Veine moyenne	38,484

Débit de l'artère mammaire :

Par heure	3l,762
Par jour	90l,288

soit, pour la mamelle entière, 180l,576. Poids de la mamelle : 860g.

Débit de la carotide par jour : 176l,208.

Il passe donc à peu près la même quantité de sang dans les deux artères mammaires que dans une seule carotide.

Interprétation. — Il est bien évident qu'on ne saurait conclure, d'une façon rigoureuse, de la circulation ainsi mesurée à celle qui existe dans les conditions physiologiques. Quelque placides que puissent être les ruminants, quelque obscure aussi que soit notre connaissance des influences nerveuses sur la mamelle, il n'en demeure pas moins que les conditions de nos expériences ne sont pas particulièrement favorables à une grande activité glandulaire ; et l'on peut penser très raisonnablement que, normalement, la circulation mammaire est plus intense encore qu'elle n'apparaît ici.

Il ressort cependant *qu'à poids égal, l'irrigation sanguine de la mamelle est moins abondante que celle des glandes salivaires*, soumises, d'après Chau-

veau, au même régime circulatoire que les muscles étudiés par lui. Le *coefficient d'irrigation sanguine*, dans les deux expériences où la mamelle est en activité, est de $0^{l},055$ et $0^{l},072$, alors que celui de la parotide serait de $0^{l},174$.

Il n'y a pas lieu d'en être surpris. Alors que la parotide est pauvre en graisse, la mamelle est extrêmement riche en cette même substance qui constitue 40 pour 100 de l'extrait sec de son propre tissu [W. E. Petersen, L. S. Palmer et C. H. Eckles, *The Synthesis and Secretion of Milk fat* (*The Am. J. of Physiol.*, 90, 1929, p. 582)] et qui ne saurait être considérée comme un élément actif de la glande. Si l'on tient compte de ce fait, la différence entre les coefficients réels d'irrigation de la parotide et de la mamelle apparaît moins grande qu'il ne semblait tout d'abord.

D'autre part, *à masse glandulaire égale, la sécrétion salivaire est beaucoup plus abondante que la sécrétion mammaire*. Alors que chez la vache (Colin), l'ensemble de l'appareil salivaire, d'un poids de 620^{g}, sécrète, en 24 heures, 56 litres de salive, soit 90 fois son propre poids (et dont 40 litres, soit au moins 60 fois son poids pendant les 8 heures que dure en moyenne la mastication), une mamelle, pesant à peu près 4^{kg}, ne donne guère que 20 litres de lait, soit 5 fois sa masse.

Une autre considération doit nous frapper. Dans les glandes à grand débit et à sécrétion fluide, le sang traverse rapidement l'organe et reparaît rutilant dans les veines, où l'on peut percevoir un pouls systolique. *Dans la mamelle, le sang, apporté par une artère de petit calibre, s'échappe par un énorme système veineux, dont la section totale est, d'après nos mensurations, de* 30 *à* 100 *fois plus grande que celle de l'unique artère.* Le courant sanguin s'en trouve donc considérablement ralenti; le sang stagne dans les veines, où il apparaît foncé, *après avoir subi un contact prolongé avec les éléments glandulaires.*

Ces différences circulatoires sont liées aux différences entre les valeurs pondérales des extraits secs des sécrétions elles-mêmes. Alors que la salive, liquide très aqueux, ne renferme que 10 pour 1000 d'extrait sec, le lait, beaucoup plus consistant, en renferme 120-130 pour 1000, et dont une part importante revêt l'état colloïdal. Dans la parotide, la sécrétion est surtout une *filtration;* dans la mamelle, elle est essentiellement une *élaboration*, comportant un *remaniement* profond des matériaux apportés par le sang, et impliquant un contact prolongé avec eux.

Le régime circulatoire de la mamelle, que caractérisent son intensité et son extrême lenteur, se prête ainsi, d'une façon particulièrement heureuse, à cette activité véritablement créatrice.

M. L. **Mangin** fait hommage à l'Académie des 7 premiers fascicules du *Bulletin du Laboratoire maritime du Muséum d'Histoire Naturelle à Saint-Servan.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° International Council of Scientific Unions. *Fifth Assembly of the International Research Council and the First Assembly of the International Council of Scientific Unions held at Brussels*, 11th July, 1931. *Reports of Proceedings*, edited by Sir Henry Lyons, F. R. S., General Secretary.

2° *Icones Filicum Sinicarum*, by Hsen Hsu Hu and Ren Chang Ching. Fascicle I.

3° *L'Hydrodynamique et la Théorie cinétique des gaz*, par Y. Rocard. Préface de Henri Villat.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la structure des aires multiplement connexes.* Note de M. **Gaston Julia.**

Les notations et les hypothèses sont celles de ma précédente Note (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 38). $\mathfrak{A}$ est une aire du plan z limitée par un contour extérieur C_0, et p contours intérieurs $C_1, \ldots, C_p$ qu'on peut supposer analytiques. $F(z) = e^{U+iV}$, holomorphe dans $\mathfrak{A}$, a un module e^U constant, égal à e^{λ_k}, sur chaque $C_k (k = 0, 1, \ldots, p)$; V admet les périodes $(p.2\pi), (-2\pi), \ldots, (-2\pi)$ sur les contours $C_0, C_1, \ldots, C_p$, *décrits dans le sens positif par rapport à* $\mathfrak{A}$. Nous supposons tous les λ distincts $(0 = \lambda_0 > \lambda_1 > \ldots > \lambda_p)$, tous les zéros de $F'(z)$ simples et donnant à U des valeurs distinctes des λ_k $(k = 1, 2, \ldots, p-1)$.

1. *Frontières extérieures des domaines* $U < \lambda_k (k = 0, 1, \ldots, p-1)$; *courbes fermées* $U = \lambda_k - 0$. — Les courbes fermées $U = \lambda_k$, *frontières extérieures de domaines où* $U < \lambda_k (k = 0, 1, \ldots, p-1)$ et que, pour cette raison, nous appelons *courbes* $U = \lambda_k - 0$, sont de deux espèces. Ou bien (*première espèce*) ce sont des courbes analytiques *intérieures à* $\mathfrak{A}$ entourant un ou plusieurs C_ν d'indices $\nu > k$ (de cette espèce est C_0, mais c'est une

courbe frontière); ou bien (*deuxième espèce*) ce sont des courbes formées *d'arcs intérieurs* et *d'arcs frontière de* $\mathfrak{A}$. Une courbe de deuxième espèce est composée d'un arc de C_k sur lequel $\frac{dU}{dn} < 0$ (n intérieur à $\mathfrak{A}$) dont les deux extrémités (zéros conjugués) sont jointes par un arc analytique (dit *arc de passage* λ_k) intérieur à $\mathfrak{A}$, le tout formant une courbe fermée sur laquelle $\frac{dU}{dn_i} < 0$ (n_i intérieur à cette courbe) et entourant une ou plusieurs C_ν d'indices $\nu > k$. Aux zéros conjugués, la courbe a des points anguleux à tangentes rectangulaires. Les deux arcs (arc de C_k et arc de passage) de la courbe précédente sont dits *associés*. Il y a au total b arcs de passage dans $\mathfrak{A}$: [*zéro* arc λ_p, *un* arc λ_{p-1} au plus, deux arcs λ_{p-2} au plus...] z restant intérieur à $\mathfrak{A}$, U ne peut acquérir la valeur λ_k que si z est sur une courbe fermée λ_k de première espèce, ou sur un arc de passage λ_k. Nous supposerons que, pour chaque λ_k, il y a ν_k arcs de passage, ν_k étant le nombre, qui peut être nul, des couples de zéros conjugués de F′ situés sur C_k; il y aura donc ν_k courbes fermées $U = \lambda_k - 0$ de deuxième espèce $\left[\sum_k \nu_k = b\right]$, et aussi ν_k domaines $U < \lambda_k$ correspondants. Nous classerons dans la première ou la deuxième espèce les domaines $U < \lambda_k$ suivant que leur frontière extérieure $U = \lambda_k - 0$ est de première ou de deuxième espèce. z décrivant une courbe fermée $U = \lambda_k - 0$ dans le sens positif par rapport au domaine $U < \lambda_k$ qu'elle borne, V *croît d'un multiple de* 2π *égal au nombre des* C_ν ($\nu > k$) *intérieurs à cette courbe*. Il en résulte des limites intéressantes et utiles pour l'oscillation de V, tant sur les arcs de passage λ_k que sur les arcs associés de C_k.

Lorsqu'un zéro de F′ intérieur à $\mathfrak{A}$ donne à U la valeur λ_k : ou bien c'est un point double d'une courbe analytique décomposable en courbes fermées de première espèce; ou bien il appartient à un arc de passage λ_k et un seul dont il est point anguleux et il appartient aussi, comme point anguleux à tangentes rectangulaires, à une courbe de première espèce bornant un domaine de première espèce $U < \lambda_k$ extérieur à celui de deuxième espèce que borne l'arc de passage λ_k précédent. Lorsque deux λ deviennent égaux, d'autres circonstances peuvent surgir sur lesquelles nous n'insistons pas ici pour abréger.

2. *Frontières intérieures du domaine* $U > \lambda_k$ ($k = 1, 2, \ldots, p$); *courbes* $U = \lambda_k + 0$. — Tout point de $\mathfrak{A}$ pouvant être joint à C_0 par une ligne sur laquelle U ne décroît pas, l'ensemble $U > \lambda_k$ est connexe et borné extérieurement par la courbe C_0 sur laquelle $U = \lambda_0 = 0$. C'est un domaine ouvert

dont les frontières intérieures sont des courbes fermées que nous appellerons courbes $U = \lambda_k + 0$. Ces courbes sont de deux espèces.

La première espèce comprend des courbes analytiques fermées qui sont, ou bien identiques à des courbes $U = \lambda_k - 0$ de première espèce, ou bien formées de deux ou plusieurs de ces courbes reliées entre elles par des points, zéros intérieurs de F', où $U = \lambda_k$. Il y a *une courbe* $U = \lambda_k + 0$ *de deuxième espèce;* elle est composée des ν_k arcs de C_k où $\frac{dU}{dn} > 0$ (n intérieure à $\mathfrak{A}$), reliés entre eux par les ν_k arcs de passage λ_k signalés au nº 1; aux $2\nu_k$ zéros de F' situés sur C_k, elle admet des points anguleux à tangentes rectangulaires. Le long des ν_k arcs de passage λ_k, le domaine $U > \lambda_k$ confine à ν_k domaines distincts $U < \lambda_k$ qui *lui sont adjacents*, leurs courbes limites $U = \lambda_k - 0$ étant dites *adjacentes à la courbe* $U = \lambda_k + 0$ de deuxième espèce considérée. Lorsque z décrit cette courbe $U = \lambda_k + 0$ dans le sens positif par rapport au domaine $U > \lambda_k$, V décroît constamment, et sa *variation totale est un multiple de* (-2π) *égal au nombre des contours* $C_\nu (\nu \geqq k)$ *intérieurs à la courbe* $U = \lambda_k + 0$ *considérée.*

Cette variation totale surpasse en valeur absolue de 2π la somme des variations totales de V le long des diverses courbes adjacentes $U = \lambda_k - 0$.

3. Les propriétés reconnues précédemment à $\mathfrak{A}$ (domaine $U < \lambda_0 = 0$) appartiennent à chacun des domaines $U < \lambda_k$, avec des simplifications dues à la diminution de l'ordre de connexion; la fonction F d'un domaine $U < \lambda_k$ est le produit par $e^{-\lambda_k}$ de la fonction F relative à $\mathfrak{A}$, ce qui n'altère pas les valeurs relatives de V(mod 2π). La reconstruction de $\mathfrak{A}$, de proche en proche, à partir des $U < \lambda_h$ successifs ($h = p, p-1, \ldots, 1, 0$) par adjonction à $U < \lambda_k$ des anneaux $\lambda_k \leqq U < \lambda_{k-1}$ permet d'analyser en détail la structure de σ et de réaliser, comme nous le verrons, un prolongement à p feuillets de σ dans tout l'intérieur de γ_0.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines transcendantes uniformes représentées par des séries de fonctions rationnelles.* Note de M. **Radu Badescu**, présentée par M. Hadamard.

La résolution de plusieurs problèmes importants d'analyse ou de physique mathématique est en un rapport étroit avec l'étude des fonctions représentées par des séries de fractions rationnelles de la forme

$$\sum_{m=0}^{\infty} C_m \Phi_m(z), \tag{1}$$

où les C_m sont des constantes données; ces séries ont été l'objet d'un grand nombre de recherches. Nous voulons contribuer à cette étude en considérant une classe assez importante de séries (1) pour laquelle les fonctions rationnelles $\Phi_m(z)$ satisfont au système récurrent infini

$$(2) \qquad P_m(z)\Phi_m(z) = \sum_{n=1}^{m} Q_{m,n}(z)\Phi_{m-n}(z) + R_m(z) \qquad (m = 0, 1, \ldots),$$

les $P_m(z)$, $Q_{m,n}(z)$ et $R_m(z)$ étant des polynomes connus dépendant de la variable complexe z, séries dont nous établirons le caractère méromorphe dans certains domaines du plan z.

Envisageons d'abord la série particulière

$$(3) \qquad \sum_{m=0}^{\infty} \lambda^m \Phi_m(z),$$

où λ est un paramètre complexe, et supposons que *toutes* les séries suivantes

$$(4) \qquad \sum_{m=0}^{\infty} \lambda^m R_m(z), \qquad \sum_{m=p+1}^{\infty} \lambda^{m-p-1} Q_{m,m-p}(z) \qquad (p = 0, 1, \ldots),$$

formées avec les polynomes donnés, soient uniformément convergentes sur un certain cercle C, de centre O_λ et de rayon ρ, ceci quel que soit z appartenant à un domaine ouvert D, simplement connexe. D est évidemment un domaine commun à tous les domaines d'existence des fonctions représentées par les séries (4). Désignons par $\overline{R}(z)$ et $\overline{Q}_p(z)$ les maxima sur C des modules de ces fonctions. La recherche d'une série auxiliaire de la forme (3), admettant un rayon de convergence en λ au plus égal à celui de la série considérée, se ramène facilement à la résolution du système récurrent particulier

$$(5) \qquad |P_m(z)|\overline{\Phi}_m(z) = \sum_{n=1}^{m} \frac{\overline{Q}_{m-n}(z)}{\rho^n}\overline{\Phi}_{m-n}(z) + \frac{\overline{R}(z)}{\rho^m} \qquad (m = 0, 1, \ldots).$$

Supposons maintenant, pour plus de simplicité, que chacune des deux suites $P_m(z)$ et $\overline{Q}_p(z)$ n'ait respectivement qu'une seule fonction limite que nous désignerons par $P(z)$ et $Q(z)$. En résolvant le système récurrent (5), nous serons conduits à une série auxiliaire dont le rayon de convergence R,

au plus égal à celui de la série (3), est donné par l'expression

$$R = \frac{\rho}{1 + \frac{Q(z)}{P(z)}}$$

pour z intérieur à un certain cercle γ, dont le centre est en un point ζ de D qui n'annule aucun des polynomes $P_m(z)$ et n'est ni un point singulier ni un zéro de $P(z)$. Ce cercle passe par le point le plus rapproché de ζ qui appartient à l'ensemble des zéros des $P_m(z)$, ensemble que nous désignerons par (E). Nous supposerons bien entendu que γ est entièrement contenu dans D et que les zéros et les points singuliers de $P(z)$ sont à l'extérieur de ce cercle. *L'holomorphie dans γ de la fonction représentée par la série* (3) *en découle immédiatement.*

Le caractère méromorphe de la fonction (3) dans le cercle Γ, de centre ζ, qui est entièrement contenu dans D et passe par le point le plus rapproché de ζ appartenant à l'ensemble dérivé (E′) de (E), peut s'établir en multipliant le système récurrent (2) par des facteurs convenablement choisis. *Les points de* (E) *intérieurs à ce cercle, et ceux-là seulement* [1], *sont effectivement des pôles pour cette fonction, car on peut la mettre dans* Γ *sous la forme d'un quotient de fonctions holomorphes.*

Soient maintenant ζ_1 un autre point de D jouissant des mêmes propriétés que ζ, et Γ_1 le cercle correspondant. Si l'on peut tracer un chemin continu (L) qui relie les points ζ et ζ_1 sans passer par aucun zéro ou point singulier de $P(z)$ et sans sortir de D, l'élément de fonction (3) correspondant à ζ_1, multiplié par une certaine fonction $\Pi(z)$, coïncidera avec celui qu'on obtient en prolongeant analytiquement le long de (L) l'élément (3) correspondant à ζ, multiplié par la même fonction. On définit ainsi d'abord une fonction holomorphe dans la région Δ de D d'un seul tenant avec Γ et Γ_1, qui ne contient aucun point de l'ensemble *fermé* (E′), région dans laquelle on peut ensuite mettre la fonction (3) sous la forme d'un quotient de fonctions holomorphes.

1° *Si* (E′) (*fermé*) *est un ensemble dénombrable, ses points sont en général singuliers essentiels* (*isolés*) *pour la fonction* (3), *mais à caractère* UNIFORME.

2° *Si* (E′) (*fermé*) *contient aussi les points d'un continu linéaire délimitant un domaine à connexion finie ou même infinie* [2], *ce continu sera en général*

---

(1) Parmi les points intérieurs au cercle Γ.

(2) Il y a ici une hypothèse supplémentaire sur les polynomes $P_m(z)$.

une ligne singulière essentielle pour la fonction (3). Si une partie de (E′) n'est pas effectivement une ligne singulière pour P (z), il peut en être de même pour la fonction (3) : Dans les deux cas, L'ENSEMBLE FERMÉ (E′) CONTIENT L'ENSEMBLE DES SINGULARITÉS ESSENTIELLES DE LA FONCTION REPRÉSENTÉE PAR LA SÉRIE (3).

Les mêmes caractéristiques se présentent dans l'étude des séries plus générales de la forme (1) dans lesquelles on aurait remplacé les C_m par $\lambda^m C_m^1$. Elles convergent uniformément en λ, pour z appartenant à une certaine région de D si le module de λ est inférieur à R. ρ_1, ρ_1 étant le rayon de convergence de la série dont le terme général est $\lambda^m C_m^1$. Nous déduisons de là que *la série* (1) *représente effectivement une fonction méromorphe de z à l'intérieur de la courbe* $1 + \frac{Q(z)}{P(z)} = \rho\rho_1$ (1), pourvu que l'on ait $\rho\rho_1 > 1$, condition qui est en rapport avec la détermination du domaine D. Si $Q(z) \equiv 0$, l'ensemble (E′) forme la frontière du domaine de convergence, intérieur à D.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des généralisations d'une équation intégrale singulière de M. H. Lebesgue.* Note de M. **Jean-Pierre Robert**, présentée par M. E. Goursat.

1. M. H. Lebesgue (2) a résolu le problème de Dirichlet à l'aide d'une certaine équation intégrale singulière homogène. Cette dernière est obtenue par le théorème de Gauss relatif aux fonctions harmoniques et pour une valeur déterminée du rayon. Ayant indiqué dans plusieurs Notes précédentes (3) des théorèmes de la moyenne pour les fonctions n-harmoniques et n-métaharmoniques, nous avons été amené à étendre, dans ce sens, les méthodes de M. H. Lebesgue.

Ces généralisations nous ont conduit à une équation intégrale singulière que nous indiquerons ci-après. Dans cette Note, nous nous bornerons à l'étude de cette équation. Nous raisonnerons dans le plan, mais nos résultats sont valables dans un espace euclidien à un nombre quelconque de dimensions.

---

(1) Et seulement aux points intérieurs à D.

(2) H. Lebesgue, *Comptes rendus*, 154, 1922, p. 335.

(3) J.-P. Robert, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 193, et 192, 1931, p. 329 et 1146.

2. Soit, dans un plan, une région R formée d'un domaine fini D d'un seul tenant et de sa frontière F. Nous supposerons, avec M. H. Lebesgue, que D est un de ces domaines pour lesquels on peut affirmer l'existence de la solution du problème de Dirichlet, quelle que soit la suite continue de valeurs donnée sur la frontière. P étant un point quelconque de R, nous appellerons ρ la plus courte distance de ce point à la frontière F et C_P le cercle de centre P et de rayon ρ.

Soit $v(P)$ *une fonction donnée définie et bornée dans* $D + F$; *nous nous proposons de montrer qu'il existe une fonction* $u(P)$ *et une seule, qui, en tout point* P *de* D, *vérifie l'équation intégrale singulière*

$$\text{(E)} \qquad \frac{1}{\pi\rho^2}\int\int_{C_P} u(m)\,d\sigma_m = u(P) + \rho^2 v(P),$$

connaissant, en outre, la suite continue de valeurs que prend cette fonction u *sur la frontière* F.

L'équation (E) est celle dont il s'agit (nous pouvons supposer, sans nuire à la généralité, que les fonctions considérées sont des fonctions réelles du point P).

Remarquons d'abord qu'il ne peut exister qu'une solution de (E) prenant les valeurs requises sur le bord, car, s'il en existait deux, leur différence, nulle sur le bord, vérifierait l'équation homogène correspondant à (E); cette différence est donc identiquement nulle dans $\mathcal{R}$.

3. Pour résoudre le problème précédent, nous emploierons la méthode des approximations successives. Pour cela, construisons une fonction $u_0(P)$, continue dans $\mathcal{R}$, et prenant sur le bord les valeurs convenues; nous calculerons alors de proche $u_1(P)$, $u_2(P)$, ..., $u_n(P)$, ... par

$$(1) \qquad \frac{1}{\pi\rho^2}\int\int_{C_P} u_{n-1}(m)\,d\sigma_m = u_n(P) + \rho^2 v(P) \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots, \infty).$$

Toutes ces fonctions $u_n(P)$ sont continues dans $\mathcal{R}$, et prennent sur le bord les mêmes valeurs que $u_0(P)$. Nous allons prouver que ces $u_n(P)$ tendent uniformément, dans $\mathcal{R}$, vers une certaine fonction $u(P)$ (donc continue), laquelle prendra les valeurs requises sur le bord, et sera solution de (E).

Posons $\eta_0(P) = \rho^2 v(P)$ et soient $\eta_1(P)$, $\eta_2(P)$, ..., $\eta_n(P)$, ... les médiantes successives de $\eta_0(P)$, c'est-à-dire que

$$\eta_n(P) = \frac{1}{\pi\rho^2}\int\int_{C_P} \eta_{n-1}(m)\,d\sigma_m \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots, \infty).$$

Désignons de même par $U_1(P)$, $U_2(P)$, ..., $U_n(P)$, ... les médiantes successives de $u_0(P)$.

Les relations (1) nons donnent :

$$u_{n+1}(P) = U_{n+1}(P) - I_n(P),$$

en posant $I_n(P) = \eta_0(P) + \eta_1(P) + \eta_2(P) + \ldots + \eta_n(P)$.

Or $U_{n+1}(P)$ tend uniformément, dans $\mathcal{R}$, vers une fonction hormonique $U(P)$ prenant les valeurs données sur le bord (H. Lebesgue). Il reste donc à prouver que $I_n(P)$ tend uniformément. dans $\mathcal{R}$, vers une fonction continue $I(P)$, nulle sur F. On est ainsi amené à étudier la convergence uniforme de la série de médiantes successives établies à partir de $\eta_0(P) = \rho^2 \varphi(P)$

$$(2) \qquad \eta_0(P) + \eta_1(P) + \eta_2(P) + \ldots + \eta_n(P) + \ldots.$$

Pour établir la convergence uniforme de la série (2), nous raisonnerons comme suit :

a. Supposons d'abord $\varphi(P) \equiv 1$, donc $\eta_0(P) = \rho^2$. Nous considérerons la fonction auxiliaire $\varphi(P) = \overline{OP}^2$, O étant un point fixe du plan; cette fonction vérifie $\Delta\varphi = 4$ dans tout le plan, donc en tout point de la région $\mathcal{R}$. Appliquant le raisonnement précédent à la fonction φ, on en déduit que $I_n(P)$ tend uniformément, dans $\mathcal{R}$, vers une fonction continue $I(P)$, nulle sur F et vérifiant $\Delta I = -8$.

b. Supposons maintenant que $\varphi(P)$ soit $\geqq 0$ dans $\mathcal{R}$; soit M la borne supérieure de $\varphi(P)$ dans $\mathcal{R}$. En remplaçant $\eta_0(P) = \rho^2\varphi(P)$ par $M\rho^2$, on majore chaque terme de la série (2), d'où il en résulte la propriété annoncée à la faveur du cas précédent.

c. Si $\varphi(P)$ a un signe quelconque, il suffira alors de la considérer comme la différence de deux autres fonctions qui sont $\geqq 0$ dans $\mathcal{R}$.

Notre proposition est donc établie.

4. Plus généralement, on démontre le théorème suivant :

Soient $\varphi(P)$ *une fonction donnée définie et bornée dans* $\mathcal{R}$ *et* $f(\rho)$ *une fonction donnée continue de* ρ, *qui se réduit à* 1 *pour* $\rho = 0$, *et telle que* $f(\rho) \geqq 1$ (*tout au moins pour les valeurs considérées de* ρ). *Alors il existe une fonction* $u(P)$, *et une seule continue dans* $\mathcal{R}$, *prenant une suite continue de valeurs donnée sur* F, *et vérifiant, en tout point* P *de* $\mathcal{D}$, *l'équation intégrale singulière :*

$$(E') \qquad \frac{1}{\pi\rho^2}\iint_{C_P} u(m)\,d\sigma_m = u(P).f(\rho) + \rho^2\varphi(P).$$

Pour l'existence et l'obtention de cette solution, il suffit d'opérer comme il a été dit précédemment.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une généralisation du théorème de Picard.* Note de M. **Lars Ahlfors**, présentée par M. J. Hadamard.

1. Nous aurons à nous servir des deux lemmes suivants :

Lemme 1. — *S'il existe une fonction analytique* $\sigma(s)=\xi(s)+i\eta(s)$ *de la variable* $s=x+iy$ *qui, dans le rectangle* $a\leqq x\leqq b$, $0\leqq y\leqq 1$, *vérifie les conditions* $|\sigma(s)|\leqq 1$, $\xi(x)\leqq\alpha<\beta\leqq\xi(x+i)$, *on aura* $b-a\leqq\frac{2}{\beta-\alpha}$.

En intégrant suivant le contour de ce rectangle, on aura

$$\int\sigma(s)\,ds=0,$$

d'où il résulte, en prenant la partie réelle,

$$\int_a^b[\xi(x+i)-\xi(x)]\,dx=\int_0^1[\eta(b+iy)-\eta(a+iy)]\,dy,$$

et par suite

$$(\beta-\alpha)(b-a)\leqq\int_0^1[|\sigma(b+iy)|+|\sigma(a+iy)|]\,dy\leqq 2.$$

Lemme 2. — *Soient* Ω *l'un des domaines obtenus en coupant la couronne* $r_1\leqq|z|\leqq r_2$ *suivant deux lignes* L_1 *et* L_2 *joignant les cercles frontières, et* $r\theta(r)$ *la longueur totale des arcs de la circonférence* $|z|=r$ *intérieurs à* Ω. *Alors on peut faire la représentation conforme de* Ω *sur un domaine du plan des* (x, y) *faisant partie de la bande* $0\leqq y\leqq 1$ *et renfermant un rectangle* $a\leqq x\leqq b$, $0\leqq y\leqq 1$, *tel que*

$$\int_{r_1}^{r_2}\frac{dr}{r\theta(r)}\leqq(b-a)+4, \tag{1}$$

de sorte que les côtés $y=0$ *et* $y=1$ *du rectangle correspondent respectivement à des segments de* L_1 *et* L_2,

2. Soient $w=f(z)$ une fonction uniforme et méromorphe pour $|z|\geqq\rho_0(\geqq 0)$, sauf à l'infini, C_1, C_2, C_3 trois aires de cercles du plan des w, sans points communs, et (Δ_ν) l'ensemble des domaines du plan des z où $f(z)$ prend des valeurs comprises dans C_ν. Nous allons démontrer que *les domaines* Δ *ne sauraient tous s'étendre à l'infini.*

Prenons un cercle $|z|=r_0(>\rho_0)$ qui rencontre un domaine Δ_1 et un

domaine Δ_2 (au moins), et un nombre quelconque $r > r_0$. Dans chacune des deux portions de la couronne $r_0 < |z| < r$ qui sont extérieures à Δ_1 et Δ_2, choisissons (s'il en existe) le domaine Δ_3 le plus voisin de l'origine, puis entre deux quelconques, Δ_i et Δ_j, des domaines obtenus choisissons le domaine $\Delta_k (i \neq j \neq k)$, dont la distance à l'origiue est la plus petite, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on n'obtienne plus que des domaines situés à une distance $\geqq r$ de l'origine. Pour chaque domaine Δ_k ainsi obtenu, traçons l'arc de cercle autour de l'origine passant par le point de plus petit module de Δ_k et joignant les domaines Δ_i et Δ_j voisins. Par ces arcs la partie de la couronne extérieure aux domaines Δ considérés, sera partagée en domaines (Ω), analogues à celui du lemme 2. Si $n(r)$ désigne le nombre desdits domaines Δ que traverse le cercle $|z| = r$, le nombre des domaines (Ω), en supposant l'antithèse vraie, sera évidemment égal à $2[n(r) - 1]$.

Considérons un domaine Ω qui est limitrophe d'un Δ_i et d'un Δ_j le long de certaines lignes L_i et L_j. Il existe une transformation linéaire $w' = S_k(w)$ qui fait correspondre à $C_k (k \neq i \text{ et } j)$ le domaine $|w'| \geqq 1$, à C_i un cercle $|w'| \leqq \alpha_k$ et à C_j un cercle ayant pour diamètre un segment (β_k, β'_k) de l'axe réel positif. On aura donc $|S_k[f(z)]| \leqq 1$ dans Ω, et la partie réelle de cette fonction est $\leqq \alpha_k$ sur L_i et $\geqq \beta_k$ sur L_j.

Dès lors il résulte de nos lemmes que l'intégrale (1) est pour chaque domaine Ω inférieure à une limite fixe K : on aura donc

$$\int_{r_0}^{r} \left(\sum \frac{1}{\theta(t)} \right) \frac{dt}{t} \leqq 2K[n(r) - 1],$$

la somme étant étendue aux $n(t)$ domaines Ω traversés par le cercle $|z| = t$. Or on a

$$\frac{1}{n(t)} \sum \frac{1}{\theta(t)} \geqq \frac{n(t)}{\Sigma \theta(t)} \geqq \frac{n(t)}{2\pi}, \qquad \text{d'où} \qquad \sum \frac{1}{\theta(t)} \geqq \frac{n(t)^2}{2\pi}.$$

L'inégalité ci-dessus entraîne donc la suivante :

$$\alpha(r) = \int_{r_0}^{r} \frac{n(t)^2}{t} dt \leqq 4\pi K[n(r) - 1].$$

Cette inégalité peut être mise dans la forme

$$[\alpha(r) + 4\pi K]^2 \leqq 16\pi^2 K^2 \frac{d\alpha(r)}{d \log r}$$

et nous donne, en intégrant,

$$\log \frac{r}{r_0} \leqq 16\pi^2 K^2 \int_0^{\infty} \frac{d\alpha}{(\alpha + 4\pi K)^2} = 4\pi K.$$

L'antithèse nous amène donc à cette contradiction que r ne saurait pas dépasser une limite finie.

3. En considérant l'inverse $z = z(w)$ de la fonction $w = f(z)$, notre résultat peut s'énoncer ainsi :

Une fonction $z(w)$, dont toutes les branches admettent dans chacun des trois cercles C_1, C_2 et C_3 une singularité non algébrique, ou bien une infinité de singularités algébriques, ne peut être l'inverse d'une fonction uniforme $w = f(z)$, ayant une singularité essentielle isolée.

Comme cas particulier, on obtient le théorème de M. Picard, dont notre méthode fournit aussi une démonstration nouvelle.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les cavitations elliptiques.* Note de M. **Henri Poncin**.

Dans certains phénomènes hydrodynamiques on peut constater la stabilité des cavitations cylindriques circulaires dont la surface limite est animée d'un mouvement de rotation. Nous considérerons dans cette Note le mouvement d'un fluide autour d'une cavitation elliptique (L) d'excentricité k, de centre C et d'axe focal $2a$ et nous adopterons les notations qui ont été définies dans une Note précédente [1]. Nous poserons en outre

$$k' = \sqrt{1 - k^2}, \tag{1}$$

$$z(M) = z(C) + \frac{a^2(1 + k')}{2z_2(M)} + \frac{1 - k'}{2} z_2(M). \tag{2}$$

1° *Mouvements $\mathfrak{M}_0$.* — La surface Σ est une surface à deux feuillets plans $\mathcal{F}_1$ et $\mathcal{F}_2$ limités par (L), admettant deux points (ξ_1), F_1 et F_2 conjugués des foyers par rapport au cercle de Monge et deux points (ξ_2), M_1 et M_2 correspondant aux valeurs $\rho_1 e^{is}$ et $\rho_2 e^{-is}$ de z_2. Sur $(\mathcal{F}_1)$ la circulation du fluide autour de (L) et la rotation du mouvement d'ensemble sont de sens contraires, elles sont de même sens sur $(\mathcal{F}_2)$. Considérons la surface (Σ') constituée par deux feuillets plans limités par (L) et relié par une ligne de croisement joignant F_1 et F_2 au point à l'infini du plan z. La relation

$$z_2 = a \frac{\vartheta_2\left(Z - \frac{1}{4} - \frac{\tau}{2} \middle| 2\tau\right) \vartheta_3\left(Z + \frac{1}{4} + \frac{\tau}{2} \middle| 2\tau\right)}{\vartheta_2\left(Z + \frac{1}{4} + \frac{\tau}{2} \middle| 2\tau\right) \vartheta_3\left(Z - \frac{1}{4} - \frac{\tau}{2} \middle| 2\tau\right)} \tag{3}$$

(1) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 481.

établit une correspondance univoque et réciproque entre les points de cette surface et les points Z intérieurs au rectangle R de sommets $\pm\frac{1}{2}$, $\pm\frac{1}{2}+\tau\,[k(2\tau)=k]$. Soit d'autre part $w(z)$ la fonction dont la conjuguée représente vectoriellement la vitesse des diverses molécules fluides, si l'on pose

$$\frac{df}{dz}=\frac{w(z)}{\omega(t)}-i\bar{z}. \tag{4}$$

on trouve que le potentiel f est la somme de deux termes dont le premier a pour expression

$$f'=-i\dot{\bar{z}}(c)z(\mathrm{M})+ia^2k'\log z_2-\frac{ik^2}{8}\left(z_2^2+\frac{\alpha^4}{z_2^2}\right) \tag{5}$$

et dont le deuxième est déterminé par l'équation différentielle

$$k^3\,df''^2+16c^4\mathrm{K}^2k'^2\,d\mathrm{Z}^2\frac{\theta_4^4(2\mathrm{Z})}{\theta_3^6(2\mathrm{Z})} \tag{6}$$
$$\times\left[\left(\cos s\theta_2(2\mathrm{Z})+\frac{x(c)}{a\cos s}\,\frac{\theta_3(2\mathrm{Z})}{k\sqrt{k}}\right)^2-\left(\sqrt{k'}\sin s\theta_1(2\mathrm{Z})-\frac{k'y(c)\theta_3(2\mathrm{Z})}{ak\sqrt{k}\sin s}\right)^2\right].$$

La discussion de ces équations montre qu'une telle cavitation ne peut subsister dans un fluide parfait en mouvement irrotationnel acyclique que si son excentricité est inférieure à une certaine limite. Si deux des points critiques de (Σ) sont confondus, on obtient l'expression de f'' en fonction des transcendantes elliptiques. Parmi les trois cas ainsi déterminés, citons celui où (L) est un cercle tel que $\mathrm{OC}=ah^2$. On a dans ce cas

$$f''=-\frac{4a^2h}{k}\,\mathrm{E}(2\mathrm{KZ}) \tag{5}$$

et les mouvements acycliques sont définis par la condition

$$h=\frac{\pi}{2}\,\frac{k}{\mathrm{E}}. \tag{6}$$

On en déduit la répartition des pressions dans le fluide en mouvement.

2° *Mouvements* $\mathfrak{M}_\lambda$. — Si (L) est circulaire, on est conduit à déterminer les solutions du système différentiel

$$\frac{df}{d\mathrm{Z}}=i\mathrm{A}(\mathrm{Z})+\mathrm{B}(\mathrm{Z})+\mathrm{C}(\mathrm{Z})\mathrm{W}, \tag{7}$$
$$\frac{d\mathrm{W}}{d\mathrm{Z}}=-\frac{\mathrm{A}(\mathrm{Z})}{\mathrm{W}}+\lambda\left[\frac{\mathrm{B}(\mathrm{Z})}{\mathrm{W}}+\mathrm{C}(\mathrm{Z})\right],$$

où

$$A(Z) = 8a^2h^2K\frac{k'}{k}\frac{\theta_1(Z\mid\tau)\theta_2(Z)\theta_3(Z)}{\theta_4^3(Z)}, \qquad B(Z) = -4aK\sqrt{k'}\frac{\theta_3(Z)}{\theta_4(Z)},$$

$$C(Z) = \frac{4a^2K\sqrt{k'}}{k}\frac{\theta_3(Z)}{\theta_4^3(Z)}[k'h^2\theta_2^2(Z) - h^2\theta_1^2(Z) + k\theta_4^2(Z)],$$

telles que la fonction W soit univoque dans (R), réelle et positive pour $Z = 0$. Prolongée analytiquement dans tout le plan Z, W admettra la période 1. Or, si l'on pose

$$W(0\mid\lambda, \mu) = \frac{2ah}{k} + \mu,$$

on démontre que l'équation

$$W(Z+1\mid\lambda, \mu) - W(Z\mid\lambda, \mu) = 0 \tag{8}$$

détermine effectivement μ comme fonction implicite de λ. On en déduit la possibilité des mouvements $\mathfrak{M}_\lambda$ à cavitations circulaires et la détermination de leurs éléments. On étudie de même le cas où l'excentricité k a une valeur non nulle et celui où le mouvement d'ensemble est un mouvement de translation, mais tous les mouvements obtenus dans ce dernier cas sont des mouvements cycliques.

NAVIGATION AÉRIENNE. — *Enregistrement des déformations et des vibrations d'une aile d'avion en vol.* Note de M. **A. Guerbilsky**.

Les formes d'équilibre que prennent les systèmes déformables soumis à des pressions exercées sur eux par un vent relatif sont dans certaines conditions instables. De légères perturbations peuvent provoquer des oscillations entretenues d'amplitudes considérables [1].

Dans un système compliqué, comme un avion, divers organes sont susceptibles d'entrer en vibration et d'entraîner par résonance d'autres éléments du système. Ces vibrations sont très dangereuses et provoquent souvent des ruptures. Elles sont inévitables pour chaque avion à partir d'une certaine vitesse critique. Leur étude théorique présentant certaines difficultés et leur prévision étant de ce fait assez difficile, on a souvent essayé de les étudier expérimentalement, soit au tunnel, soit en vol.

---

(1) D. Riabouchinsky, *Bull. de l'Inst. Aéro de Koutchino*, 4, 1912, p. 93; Lord Rayleigh, *Ph. Mag.*, 29, 1915, p. 933; H. Bouasse, *Tourbillons*, 2, 1932, p. 299.

La présente étude a pour objet un procédé particulièrement simple d'enregistrement des déformations et des vibrations, pouvant s'adapter facilement aux essais sur avions en vol.

Pour enregistrer la forme prise par un corps à chaque instant, on le partage en plusieurs éléments, on établit des dispositifs électriques mesurant les déformations de chaque élément et l'on fait la sommation de ces

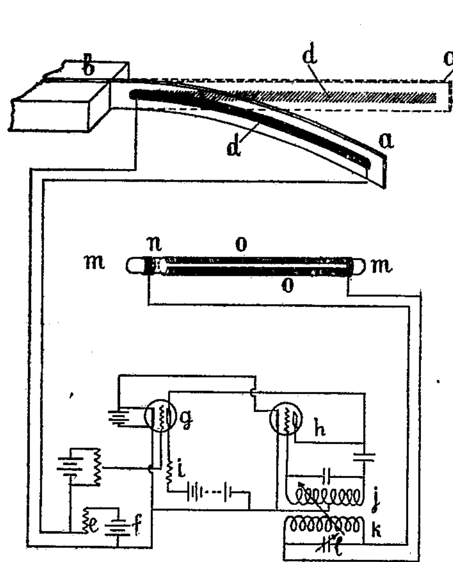


Fig. 1.

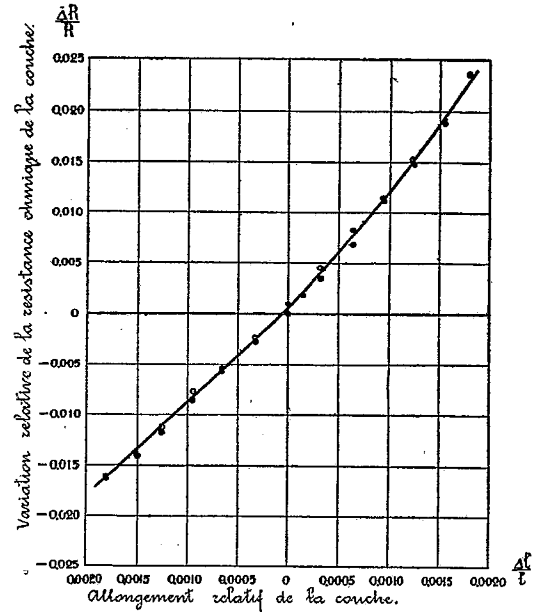


Fig. 2.

déformations, de préférence automatiquement, sur un tableau lumineux placé devant le pilote.

Dans la présente Note j'exposerai le procédé d'observation et d'enregistrement des déformations réalisé au laboratoire.

En premier lieu, il s'agissait d'établir un dispositif électrique sensible aux déformations. M. Riabouchinsky a attiré mon attention sur la possibilité d'utiliser à cet effet des couches conductrices minces déposées sur la surface du corps à étudier, la résistance d'une telle couche devant varier en fonction des déformations du corps. Le dépôt pourrait se faire par projection cathodique, galvanoplastie, etc. J'ai réalisé une couche de graphite *d* (voir la figure 1) sur une règle en bois *a*. L'épaisseur de la règle était de $1^{mm},5$. La résistance R de la couche était de 50000 ohms. Lorsqu'on courbait la règle,

la variation ΔR de la résistance de la couche était du même signe que la variation Δl de sa longueur.

La courbe de la figure 2 représente les valeurs de $\frac{\Delta R}{R}$ en fonction de $\frac{\Delta l}{1}$. Les deux séries de points correspondent respectivement aux Δl croissants et décroissants. La courbe représente la moyenne des deux séries de mesures.

On voit sur la figure que lorsque $\Delta l'$ après avoir pris une certaine valeur, revient à zéro, R ne reprend pas exactement sa valeur initiale, mais les défauts de zéro sont très faibles et, de plus, lorsque les déformations de la règle se font alternativement dans un sens et dans l'autre, ils se compensent.

Dans l'expérience réalisée, les déformations de la règle étaient mises en évidence par l'oscillographe *mm* (*fig.* 1) composé par un tube rempli de néon et portant deux électrodes extérieures *n* et *o* formées respectivement par un anneau et une bande en papier d'étain collés sur le tube. La bande formant électrode *o* recouvrait la presque totalité du tube et s'arrêtait à une faible distance de l'électrode *n*. L'intérieur du tube était visible par une fente longitudinale pratiquée dans l'électrode *o*. Une colonne lumineuse partait de l'électrode *n* et se prolongeait vers l'autre extrémité du tube. La longueur de cette colonne variait en fonction de la différence de potentiel de haute fréquence (15×10^5 cycles par seconde) appliquée entre les deux électrodes.

Dans l'expérience qui nous intéresse, on faisait dépendre cette différence de potentiel de la valeur de la résistance R de la couche de graphite. A cet effet, la résistance R était intercalée dans un montage potentiométrique complété par une pile *f* et une résistance *e*, et faisant partie du circuit grille de la lampe *g*, travaillant en modulatrice. La lampe oscillatrice correspondante *h* faisait partie de l'hétérodyne produisant l'énergie de haute fréquence transmise par induction au circuit de l'oscillographe. Ce circuit couplé à la bobine *j* était formé par la bobine *k*, accordée à l'aide du condensateur *l*. La modulation était obtenue par la variation de la chute de potentiel dans la résistance *i* faisant partie à la fois des circuits plaque des deux lampes.

ASTRONOMIE. — *Sur le déplacement apparent des étoiles au voisinage du Soleil éclipsé.* Note de M. **A. Danjon**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les observateurs qui recherchent l'effet Einstein devraient prendre les plus grandes précautions pour déterminer le rapport des échelles du cliché de l'éclipse et du cliché de comparaison. Il n'en est pas toujours ainsi : à Sobral comme à Wallal, les instruments ont été démontés et remontés entre les deux séries de poses. Campbell et Trumpler avaient eu soin, il est vrai, de prendre la veille même de l'éclipse des poses de contrôle, mais ils n'en font pas état dans la discussion finale. Quant au dispositif auquel Freundlich a eu recours en 1929, il n'a peut-être pas eu l'efficacité escomptée, on le verra plus loin. Il s'agit là cependant d'un problème fort important, et il est regrettable que les circonstances atmosphériques n'aient pas permis de mettre à l'épreuve la méthode imaginée par M. E. Esclangon pour la mission de Strasbourg de 1929.

En attendant une nouvelle occasion favorable, la discussion des observations publiées depuis treize ans peut donner des résultats intéressants, à condition de considérer comme inconnue l'échelle des clichés. La méthode suivante a l'avantage d'être simple, et de donner une représentation expressive. Soient r la distance apparente d'une étoile au centre du soleil, exprimée en rayons solaires; d son déplacement apparent tel que les mesures le fournissent après une première réduction dans les formes habituelles. Admettons qu'il se compose du déplacement cherché, inversement proportionnel à r, et d'une correction d'échelle. Soient α la valeur du premier de ces déplacements au bord du soleil, k le rapport de ce coefficient expérimental à sa valeur théorique $1'',745$; et soit q la correction d'échelle au bord solaire. Posons

$$X = \frac{1'',745}{r^2}, \qquad Y = \frac{d}{r}.$$

On doit avoir

$$Y = kX + q,$$

et le graphique (X, Y) doit donner une droite de pente k.

1° *Grenwich*, **1919**. — Crommelin et Davidson ont obtenu, à Sobral, les images de 7 étoiles brillantes, de $4^m,5$ à $6^m,0$ (*Phil. Trans.*, 220 A, 1920, p. 331). La représentation graphique donne un groupement sensiblement rectiligne, avec

$$k = 1,174, \qquad \alpha = 2'',05, \qquad q = -0'',012.$$

Ce résultat peut être rapproché de celui de Zappa (*Mem. della Soc. Astr. Italiana*, 1, 1920, p. 141).

2° *Lick Observatory I*, 1922. — Campbell et Trumpler ont obtenu à Wallal, avec une chambre double de 15 pieds couvrant 5°, les images de 92 étoiles de $4^m,3$ à $10^m,8$. (*Lick Obs. Bulletin*, n° 346, 1923, Table II, colonne D_1). La représentation graphique, assez lâche, devient plus satisfaisante si l'on supprime les étoiles 48, 57, 63, 73 et 76. Les 87 autres, groupées en moyenne, ont donné :

$X = 0'',017$	$Y = -0'',011$	$n = 27$
$0,034$	$+0,020$	38
$0,077$	$0,062$	13
$0,185$	$0,185$	9

Ces quatre points s'alignent convenablement sur une droite qui donne

$$k = 1,17, \qquad \alpha = 2'',05, \qquad q = -0'',028.$$

Campbell et Trumpler ont très correctement obtenu la même valeur $\alpha = 2'',05$ en déterminant l'échelle de leurs clichés au moyen des poses de contrôle; mais ils lui ont, pour des raisons contestables, préféré la valeur $1'',72$ (*loc. cit.*, p. 54).

3° *Lick Observatory II*, 1922. — La même mission opérant avec une chambre double de 5 pieds couvrant 15°, a obtenu une autre série de clichés portant les images de 145 étoiles (*Lick Obs. Bulletin*, n° 397, 1928, Table 6). La dispersion du diagramme est telle, qu'à première vue toute discussion est superflue. Cependant, en supprimant les étoiles 56, 62, 73 et 81 auxquelles les auteurs attribuent des poids négligeables, les autres, groupées, donnent :

$X = 0'',003$	$Y = 0'',000$	$n = 58$
$0,010$	$0,008$	41
$0,051$	$0,058$	42

Le segment de droite qui passe le plus près possible de ces trois points fournit les constantes suivantes, qui ont peu de poids, malgré leur bon accord avec les précédentes et en dépit du nombre des étoiles dont elles proviennent :

$$k = 1,20, \qquad \alpha = 2'',10, \qquad q = -0'',003.$$

4° *Potsdam*, 1929. — A Sumatra, Freundlich a obtenu les images de 18 étoiles (*Zeitschrift für Astrophysik*, 3, 1931, p. 171), qui donnent un diagramme satisfaisant. Le mode d'observation, un peu compliqué, n'a pas éliminé la correction d'échelle, qui, cette fois, est positive. En formant deux groupes égaux, on trouve

$X = 0'',067$	$Y = 0'',096$	$n = 9$
$0'',273$	$0'',338$	9

$$k = 1,175, \qquad \alpha = 2'',05, \qquad q = +0'',018.$$

Conclusion. — La quantité q, qui varie d'une série de mesures à l'autre,

a bien ainsi le caractère accidentel d'une erreur instrumentale. Si l'on admet cette interprétation, il reste un déplacement inversement proportionnel à la distance, et dont la valeur au bord du Soleil atteint 2″,05 d'après trois déterminations concordantes. Cette valeur dépasse de 17 pour 100 le coefficient prévu par la théorie de la relativité généralisée.

Remarques au sujet de la Note précédente, par M. Ernest Esclangon.

La théorie de la relativité prévoit, pour les rayons lumineux rasant le bord solaire, une déviation de 1″,75, avec une décroissance proportionnelle à l'inverse de la distance apparente r au centre du Soleil.

Discutant les observations réalisées au cours des éclipses de 1919, 1922, 1929, MM. Freundlich, von Klüber et von Brunn, de l'Observatoire de Potsdam, ont trouvé que les résultats de ces observations conduisent, d'une manière concordante, pour la déviation au bord solaire, au chiffre de 2″,20.

Reprenant la discussion des mêmes observations sous une forme géométrique et plus simple, M. Danjon trouve des résultats, également concordants, conduisant, pour la même déviation, au chiffre, peu différent, de 2″,05.

Doit-on déduire de cet accord que ces résultats infirment définitivement les conclusions théoriques de la relativité, en ce qui concerne ce phénomène. Il serait prématuré de le dire. Il faut remarquer en effet que la déviation conclue, au bord solaire, résulte en fait d'une véritable extrapolation. Les observations ne comportent en réalité aucune étoile très voisine du Soleil; le gros des étoiles observées se trouve à des distances du bord comprises entre *un* et 11 rayons solaires, alors que, précisément, l'hyperbole correspondant à la représentation $d = \frac{k}{r}$ s'infléchit très rapidement dans l'intervalle compris entre le bord et *un* rayon solaire. Par ailleurs, la dispersion des observations reste telle que la représentation hyperbolique paraît arbitraire, si l'on fait abstraction de toute idée préconçue. Sur une figure où sont pointées les observations, on se rend immédiatement compte qu'une foule de représentations analytiques simples conviendraient tout aussi bien, certaines mieux, que la formule hyperbolique, mais conduiraient, pour la déviation au bord, à des valeurs entièrement différentes. Cependant, si l'on considère que la relativité comporte la forme hyperbolique, que, celle-ci *étant choisie* pour la représentation des observations, on

est conduit, *quantitativement*, à une valeur différente de celle prévue, on ne saurait conclure, pour l'instant du moins, à une confirmation de la théorie.

La seule conclusion à tirer est que la question n'est pas encore assez mûre pour être tranchée en toute certitude, que de nombreuses observations restent encore nécessaires pour déterminer plus directement, par les seules observations, à la fois la véritable valeur de la déviation au bord solaire et la loi réelle de sa décroissance en fonction de la distance au Soleil.

Au surplus, les déviations constatées peuvent être la résultante de causes superposées, parmi lesquelles pourrait figurer une véritable réfraction des rayons lumineux dans l'atmosphère solaire dont on ne connaît encore bien ni l'importance, ni l'étendue.

C'est une raison de plus pour s'efforcer de déterminer, par l'accumulation des seules observations, les déviations au voisinage du Soleil, principalement au voisinage immédiat du bord solaire, cela indépendamment de toute idée représentative à priori. Une grande persévérance s'impose donc vis-à-vis de l'observation de ce phénomène, au cours des éclipses totales de Soleil à venir.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Statistique et magnétisme des électrons libres.* Note [1] de M. L. **Brillouin**, présentée par M. M. Brillouin.

1. Considérons g_i cellules d'extension en phase [ou g_i ondes $\Psi(x, y, z)$] dont chacune se subdivise en deux, suivant l'orientation du spin [2]. Soient n_i électrons à distribuer de manière que le moment magnétique résultant (suivant Oz) soit m_i; nous aurons $\frac{n_i}{2}+m_i$ électrons à spin dirigé vers le haut, et $\frac{n_i}{2}-m_i$ vers le bas; pour chacun de ces types il y a g_i cellules, et la statistique de Fermi nous donne le nombre de complexions

$$(1)\qquad P_i(g_i, n_i, m_i)=\frac{(g_i\,!)^2}{\left(\frac{n_i}{2}-m_i\right)!\left(g_i-\frac{n_i}{2}+m_i\right)!\left(\frac{n_i}{2}+m_i\right)!\left(g_i-\frac{n_i}{2}-m_i\right)!}.$$

(1) Séance du 11 janvier 1932.

(2) Les notations sont les mêmes que chez Pauli (*Zts. f. Phys.*, 41, 1927, p. 97) ou dans mon livre des *Statistiques quantiques* (Chap. V, § 8 et 9).

Soient maintenant N électrons à distribuer entre tous les niveaux g_i, comme ci-dessus; le nombre des répartitions est $\prod_i P_i$; le nombre W de toutes les répartitions donnant un moment résultant M est

$$(2) \qquad W(n_1 \ldots n_i \ldots, N, M) = \sum_i \left\{ \prod_i P_i(g_i, n_i, m_i) \right\}, \qquad \sum_i m_i = M.$$

Il faut, pour obtenir W, faire la somme Σ pour toutes les répartitions m_i ayant même M total, ce qui semble fort difficile à calculer. On peut alors employer un artifice équivalent au passage d'un ensemble canonique à un micro-canonique. Les P_i sont, par leurs factorielles, des fonctions très rapidement variables des m_i; leur produit passe, pour une certaine répartition m_i, par un maximum extrêmement prononcé; ce terme le plus probable est tellement plus grand que les autres, que nous le garderons seul dans (2) et supprimerons le signe $\sum$. Ce maximum de $\prod_i P_i$, compatible avec un M donné, s'obtient par la méthode du multiplicateur de Lagrange

$$(3) \qquad 0 = \partial\left(\log \prod_i P_i\right) - \gamma\,\partial M = \sum_i \partial m_i \left\{ \frac{\partial \log P_i}{\partial m_i} - \gamma \right\};$$

on utilise pour P_i l'expression (1), avec l'approximation de Stirling et l'on trouve

$$(4) \qquad \frac{\left(\frac{n_i}{2} - m_i\right)\left(g_i - \frac{n_i}{2} - m_i\right)}{\left(\frac{n_i}{2} + m_i\right)\left(g_i - \frac{n_i}{2} + m_i\right)} = e^{\gamma},$$

ce qui fixe les valeurs probables des m_i, à faire figurer dans l'unique terme conservé en (2).

2. Admettons maintenant un couplage entre les spins, couplage dont la cause est le phénomène d'échange; les spins se groupent en une résultante S, dont la projection sur Oz est M. Le théorème de Slater nous apprend que le nombre W(M) des états M reste le même, nous aurons donc

$$(5) \qquad \left\{ \begin{array}{l} W(M) = \sum_{S=M}^{S\,\max.} \Omega(S), \\ \Omega(n_1, \ldots, n_i, \ldots, N, S) = W(S) - W(S+1) = -\frac{\partial W}{\partial M_{M=S}} = -\gamma W(M)_{M=S} \end{array} \right.$$

d'après (2), (3) et les conventions précédentes. Le coefficient γ varie lentement en fonction des n_i et de S, tandis que W est très rapidement variable par ses factorielles, nous pourrons donc négliger les variations de γ.

Voyons alors sur un exemple simple comment les calculs peuvent se poursuivre. Admettons pour l'énergie totale une expression

$$\text{(6)} \qquad \mathrm{U} = \Sigma n_i \mathrm{E}_i + \Phi(\mathrm{S}) \qquad (\mathrm{S} = \mathrm{M} = \Sigma m_i),$$

où Φ représente l'énergie de couplage due aux phénomènes d'échange; en réalité, l'expression de l'énergie sera plus compliquée et nécessitera une étude particulière.

La répartition la plus probable des n_i et de S s'obtient en posant, suivant l'usage,

$$\text{(7)} \qquad \begin{aligned} 0 &= \delta \log \Omega - \alpha \delta \mathrm{N} - \beta \delta \mathrm{U} \\ &= \sum_i \delta n_i \left[\frac{\partial \log \Omega}{\partial n_i} - \alpha - \beta \mathrm{E}_i \right] + \delta \mathrm{S} \left[\frac{\partial \log \Omega}{\partial \mathrm{S}} - \beta \frac{\partial \Phi}{\partial \mathrm{S}} \right]. \end{aligned}$$

D'après les remarques précédentes, nous remplacerons Ω par W, c'est-à-dire par le $\Pi_i \mathrm{P}_i$ le plus probable (3), (4); avec l'approximation de Stirling, nous trouvons :

$$\text{(8)} \qquad \frac{\left(g_i - \frac{n_i}{2} + m_i\right)\left(g_i - \frac{n_i}{2} - m_i\right)}{\left(\frac{n_i}{2} - m_i\right)\left(\frac{n_i}{2} + m_i\right)} = e^{2\alpha + 2\beta \mathrm{E}_i}; \qquad \gamma = \beta \frac{\partial \Phi}{\partial \mathrm{S}}.$$

En combinant (4) et (8) nous obtenons

$$\text{(9)} \qquad \frac{n_i}{2} + m_i = \frac{g_i}{e^{\alpha + \beta \mathrm{E}_i + \frac{\beta}{2}\frac{\partial \Phi}{\partial \mathrm{S}}} + 1}, \qquad \frac{n_i}{2} - m_i = \frac{g_i}{e^{\alpha + \beta \mathrm{E}_i - \frac{\beta}{2}\frac{\partial \Phi}{\partial \mathrm{S}}} + 1}.$$

Le coefficient β vaut $\frac{1}{k\mathrm{T}}$; $\mathrm{N} = \Sigma n_i$ sera donnée par la somme de deux fonctions $\mathrm{F}\left(\alpha \pm \frac{\beta}{2}\frac{\partial \Phi}{\partial \mathrm{S}}\right)$ de Fermi; $\mathrm{S} = \mathrm{M} = \Sigma m_i$ est donnée par leur demi-différence.

On retrouve donc avec l'hypothèse (6) le magnétisme du type Pauli avec un champ moléculaire de Weiss dû au couplage par échanges.

La théorie de Heisenberg était calquée sur la théorie des échanges pour électrons liés : on y supposait un nombre d'ions égal au nombre des électrons, c'est-à-dire $g_i = n_i$; il me semble, de plus, qu'on écartait tous les cas où deux électrons seraient sur la même onde ψ (avec leurs spins opposés), c'est-à-dire qu'on écartait tous les cas où une cellule contiendrait une paire d'électrons; or ces cas sont extrêmement fréquents

pour les électrons libres des métaux; F. Bloch a considéré les paires d'électrons, mais son compte statistique ne semble pas général. Pour les métaux réels, il faudra utiliser les expressions plus complètes de l'énergie U en tenant compte du réseau cristallin; cela remplacera la fonction F de Fermi par une intégrale plus compliquée; il faudra peut-être aussi compter à part les cellules contenant une paire d'électrons et leur attribuer une énergie différente.

CHALEUR. — *Sur une méthode électrique pour la détermination du degré hygrométrique, applicable aux machines thermiques.* Note de MM. **Paul Le Rolland** et **Tchang Te Lou**, présentée par M. Paul Janet.

Le principe de la méthode que nous proposons pour la détermination du point de rosée ou de l'état hygrométrique d'une masse gazeuse repose sur l'observation simple suivante : Si l'on produit une condensation de vapeur d'eau sur la surface d'un corps isolant, cette surface devient conductrice de l'électricité ; le courant ne croît pas constamment avec la quantité d'eau condensée : il augmente d'abord très vite, puis plus lentement et tend vers une valeur limite qui correspond à une sorte de saturation de la surface. Pour une distance de 1^{mm} entre les électrodes fixées sur l'isolant, la résistance qui correspond à cette valeur limite est de l'ordre de 100 mégohms.

La mesure directe du courant est assez délicate, en raison des précautions d'isolement qu'il est nécessaire de prendre. S'il ne s'agit que d'observer le moment où se produit le dépôt de vapeur d'eau, la méthode suivante est d'application très commode : on réalise, avec une lampe à trois électrodes, un montage classique donnant des « oscillations de relaxation ». La lampe est montée en oscillatrice ordinaire, mais on a inséré dans son circuit-grille un condensateur de capacité assez élevée ($\frac{1}{10}$ μF par exemple), dont les bornes sont reliées aux électrodes fixées à la surface de l'isolant. Les oscillations chargent le condensateur, ce qui arrête le fonctionnement de la lampe, puis le condensateur perd plus ou moins lentement sa charge à travers la résistance qui se trouve à ses bornes ; les oscillations reprennent et ainsi de suite. Un téléphone, placé dans le circuit de plaque, décèle une série de chocs périodiques dont le temps de période augmente régulièrement avec la résistance qui est crée aux bornes du condensateur.

On peut encore observer les éclats périodiques d'un tube au néon, disposé en parallèle avec le condensateur, dans un circuit comprenant une source de courant et la grande résistance à étudier.

Avec un dispositif de ce genre, l'observation du moment exact de la con-

densation est extrêmement nette et précise. Dès que la vapeur d'eau se dépose, en effet, les oscillations s'amorcent et l'effet périodique se produit dans le téléphone ou la lampe au néon.

L'erreur personnelle n'est plus à craindre, comme avec l'hygromètre à condensation ordinaire, et il est possible de faire une observation à distance.

Des observations de comparaison, faites avec le psychromètre et divers hygromètres, en atmosphère illimitée, ont donné des résultats satisfaisants et n'ont pas montré le moindre écart systématique.

Un avantage important de cette méthode électrique, est qu'on peut l'appliquer à la détermination du degré hygrométrique d'une masse de gaz même très limitée, sans que l'on ait à craindre l'erreur due à ce que la présence même de l'appareil de mesure (que l'on refroidit) modifie les conditions de température et de pression de la masse gazeuse. Cet appareil peut en effet être de petites dimensions et n'avoir qu'une capacité calorifique négligeable.

Nous l'avons réalisé, pour des expériences de ce genre, par un tube mince de cuivre, de 4^{mm} de diamètre, sur lequel était enroulée une feuille de mica. Deux anneaux de cuivre, placés à 1^{mm} l'un de l'autre formaient électrodes et en même temps serraient la feuille de mica sur le tube. Un courant d'eau froide permettait le refroidissement plus ou moins lent de la paroi de mica, dont la température était déterminée à l'aide d'un couple thermo-électrique fer-constantan, sensible.

Des expériences de vérification ont été effectuées sur le principe suivant : Une masse d'air limitée, dont on pouvait mesurer exactement la température et la pression, était saturée de vapeur d'eau (sèche) à une certaine température t. Elle était ensuite portée et maintenue à une température plus élevée t'. A cette dernière température, la pression de la vapeur d'eau se déduisait de la mesure de la pression totale et d'une application de la loi des gaz à l'air. D'autre part, la détermination de point du rosée donnait aussi cette pression.

Par exemple, dans une expérience pour laquelle on avait $t = 18°$ et $t' = 96°$, le résultat a été : 327^{mm} de mercure par la méthode directe et 331^{mm} par la méthode hygrométrique. L'accord a toujours été de l'ordre du $\frac{1}{100}$.

De bons résultats ont également été obtenus dans la détermination du point de rosée, à l'aide d'un appareil réalisé très simplement, en fixant deux petits anneaux de cuivre, parallèles, sur le réservoir d'uu thermomètre.

Nous avons cherché à nous rendre compte dans quelles conditions la

méthode pouvait être applicable aux machines thermiques. Des observations, qui pour le moment n'ont encore qu'un caractère qualitatif, montrent que diverses applications peuvent être envisagées :

L'appareil, adapté au tuyau d'échappement d'un moteur à explosion, permet de déterminer la teneur en vapeur d'eau des gaz d'échappement. Le renseignement est intéressant, car la question du rendement fait intervenir la composition exacte des gaz brûlés. L'expérience montre que les fumées, les impuretés, ne troublent pas la mesure.

En mettant la petite surface isolante en relation avec le cylindre d'une machine à vapeur, on constate, en utilisant un galvanomètre à faible période propre, qu'il est possible d'enregistrer les phénomènes périodiques de condensation et d'évaporation dus au mouvement du piston, et qui jouent, comme on le sait, un rôle fondamental dans l'analyse de l'effet de paroi.

Ainsi apparaît, dans l'étude de la machine à vapeur, la possibilité d'introduire le *titre* de la vapeur comme *variable expérimentale continue*.

ÉLECTRICITÉ. — *Étude du mouvement d'une sphère pesante dans un champ électrique ionisé*. Note de M. **M. Pauthenier** et Mme **M. Moreau-Hanot**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons étudié précédemment (¹) la charge prise par une sphère conductrice de rayon a dans un champ ionisé d'intensité E_0 et nous avons trouvé que, pour des sphères de rayon supérieur à quelques microns, la limite pratique de la charge est $Q_0 = 3 F_0 a^2$.

Dans l'étude du mouvement pris par une particule dans le champ ionisé, une difficulté provient de ce que la charge Q_0 n'est pas acquise immédiatement. Cette charge limite est d'ailleurs atteinte sous l'influence de deux phénomènes : l'afflux (radial dans un cylindre) des ions dont la vitesse moyenne, ordonnée, est proportionnelle au champ E_0, et le mouvement désordonné des ions sous l'influence de l'agitation thermique. La première cause est certainement prépondérante dans le cas des particules assez grosses définies précédemment, et surtout au voisinage du point de départ, quand leur vitesse est encore faible. Le problème de la variation de la charge en fonction du temps est intéressant en dehors même de l'étude

(¹) M. Pauthenieb et Mme M. Moreau-Hanot, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1068.

de la trajectoire des particules; aussi l'avons-nous considéré spécialement.

L'afflux des ions apportés par le champ à la particule en un temps *dt* est proportionnel au flux Φ du champ E_0 à travers une surface limitée à la zone répulsive (*loc. cit.*). Une surface d'intégration commode est une calotte sphérique très voisine de la particule et située cependant à une distance suffisante pour que le terme d'image électrique soit négligeable. On trouve, en désignant par Q la charge à l'instant *t* et par θ l'angle polaire de valeur maxima θ_0,

$$(5)\qquad \Phi = -e\int_0^{\theta_0}\left(3E_0\cos\theta - \frac{Q}{a^2}\right)2\pi a^2\sin\theta\,d\theta = -3\pi E_0 e a^2\left(1 - \frac{Q}{3E_0 a^2}\right)^2.$$

En tenant compte des expressions connues (¹) de la densité cubique dans le champ cylindrique et en prenant comme variable la *charge réduite*

$$\lambda = \frac{Q}{3E_0 a^2} = \frac{Q}{Q_0},$$

on trouve la relation

$$(6)\qquad \frac{d\lambda}{(1-\lambda)^2} = \frac{kE_0}{4r}dt,$$

r, distance variable de la particule à l'axe du cylindre; *k*, mobilité des ions négatifs dans les conditions de l'expérience.

Nous remarquons d'abord que cette équation est indépendante du rayon *a* de la sphère : en un point du champ, *la loi de charge est donc la même pour toutes les grosses particules* et l'on trouve, par exemple, que la moitié de leur charge est prise en $\frac{1}{100}$ de seconde dans un champ de 2400 volts/cm, à 10^{cm} de l'axe du cylindre.

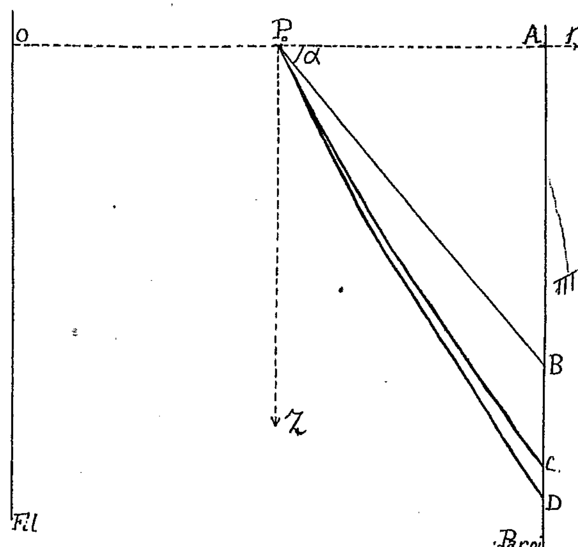
Nous avons négligé jusqu'ici l'afflux des ions par agitation thermique. Si l'on tient compte du coefficient de diffusion des ions, on voit que cet effet est réellement insignifiant pour les sphères de plusieurs dizaines de microns de rayon; il peut au contraire accélérer un peu la charge pour des valeurs inférieures du rayon et même devenir prépondérant pour des sphères plus petites que celles que nous considérons dans la présente étude.

Pour contrôler expérimentalement nos conclusions nous abandonnerons sans vitesse ni charge initiales des particules métalliques en un point P_0 d'un champ cylindrique ionisé à axe vertical (voir la figure), dans la région où celui-ci est constant. Ces particules, parfaitement sphériques, ont été

(¹) M. Pauthenier et P. Mallard, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 635.

préparées au moyen d'alliage de Rose, de densité élevée δ, par une méthode indiquée dans Millikan. Leurs rayons sont compris entre 12^μ et 120^μ.

Si la charge Q_0 était prise de suite, une sphère de rayon a, soumise à deux forces constantes (force électrique et poids), suivrait une trajectoire rectiligne P_0B, indépendante de la résistanee de l'air, supposé immobile en



moyenne, et faisant avec l'horizontale un angle α tel que

$$\tan g\alpha = \frac{\frac{4}{3}\pi a^3 \delta g}{3E_0^2a^2} = \left(\frac{4\pi\delta g}{9E_0^2}\right)a. \tag{7}$$

La dispersion verticale des sphères serait proportionnelle au rayon a, et le contrôle expérimental se déduirait immédiatement de la hauteur de chute AB. En réalité il résulte de l'équation (6) que l'on ne peut supposer pratiquement la charge instantanée : la particule de rayon a touche la paroi en un point M situé au-dessous de B.

Les équations du mouvement sont, en négligeant la résistance de l'air qui modifie légèrement le terme correctif BM dû à la durée de charge

$$m\frac{d^2r}{dt^2} = 3E_0^2a^2\lambda, \tag{8}$$

$$\frac{d^2r}{dt^2} = g. \tag{9}$$

Le système des équations (6), (8), (9) peut être intégré tant que $\lambda < \frac{1}{2}$

car dans cette condition l'abscisse de la particule varie assez peu pour que r puisse être regardé comme constant dans l'équation (6). La trajectoire vraie peut alors être encadrée entre deux trajectoires très voisines calculées en supposant que la seconde moitié de la charge est prise dans un champ de densité cubique constante et égale pour l'une à la densité en P_0, pour l'autre à la densité sur la paroi cylindrique. (La figure est construite pour des sphères de rayon 60^{μ}.)

En outre le calcul nous a montré que la résistance de l'air est pratiquement sans influence sur la trajectoire des grosses particules (a de l'ordre de 100^{μ}); elle a pour effet de diminuer un peu, pour les plus petites, le terme correctif BM dû à la durée de charge.

L'ensemble des considérations théoriques précédentes nous amène à la conclusion suivante : les trajectoires sont presque rectilignes et leur pente moyenne doit dépasser $\tan g\alpha$ (éq. 7) de 31 pour 100 dans la majorité des cas sur lesquels porte notre vérification expérimentale.

Pour les plus petites de nos sphères et surtout pour celles qui auraient seulement quelques microns de rayon, le mouvement brownien qui accélère la charge et le vent électrique qui accroît un peu les vitesses horizontales relèveront les trajectoires prévues ci-dessus.

MAGNÉTISME. — *Susceptibilité magnétique du fer à quelques degrés au-dessus du point de Curie.* Note [1] de M. **L. Néel**, présentée par M. Pierre Weiss.

Dans presque tous les ferromagnétiques, il existe, immédiatement au-dessus du point de Curie θ_f, un petit intervalle de température dans lequel la susceptibilité χ n'obéit pas à la loi de Weiss : $\chi = \frac{C}{T - \theta_p}$. D'ailleurs θ_p est différent de θ_f et, pour le fer [2] : $\theta_p - \theta_f = 43°$. Il m'a paru intéressant d'étudier la susceptibilité du fer dans cette région troublée et plus particulièrement à quelques degrés au-dessus de θ_f, d'autant plus, qu'à part Curie [3] dont les expériences sont peu précises, les différents auteurs

---

(1) Séance du 11 janvier 1932.

(2) Néel, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1325.

(3) *Œuvres* publiées par la Société française de Physique, 1908, p. 302, et *Ann. Phys. et Chim.*, 7e série, 5, 1895, p. 289.

qui ont étudié le paramagnétisme du fer ont commencé leurs expériences à 10° au moins au-dessus de θ_f.

Dans cette région, χ variant rapidement avec la température, il faut définir et mesurer les températures avec une grande précision. L'expérience a fourni les résultats suivants : partons, par exemple, d'une température inférieure de quelques degrés à θ_f, et élevons doucement la température de l'échantillon par paliers de quelques dixièmes de degré. On obtient ainsi, pour $1:\chi$ en fonction de T, une certaine courbe, dont la figure ci-contre donne le départ en H, D, C. La partie horizontale H correspond au champ démagnétisant de la substance : la mesure fournit seulement la susceptibilité apparente et pour avoir les valeurs réelles de $1:\chi$ il faut retrancher des valeurs observées l'ordonnée de la droite H. On observe ensuite une très petite portion de courbe qui se raccorde, à 771°, à la droite $H(\theta_f)$, puis une série de droites se raccordant entre elles et dont la première est la droite D. Le commencement de la seconde est indiqué en C. Cette interprétation, par décomposition en droites successives, est imposée par l'examen attentif des résultats expérimentaux. Il est impossible de faire passer une courbe régulière par les points observés. Le tableau suivant, relatif à la droite D, donne les écarts entre les valeurs observées de T et les valeurs calculées par la formule $\chi = 0,0831 : (T - 768°,19)$.

$\frac{1}{\chi}$.	T. obs.	T. calc.	Écart.
	°	°	°
53,84	772,65	772,67	−0,02
57,94	772,98	773,01	−0,03
62,25	773,44	773,37	+0,07
66,77	773,46	773,74	+0,02
71,60	774,15	774,14	+0,01
76,45	774,55	774,55	0,00
84,51	775,20	775,22	−0,02
92,74	775,87	775,90	−0,03

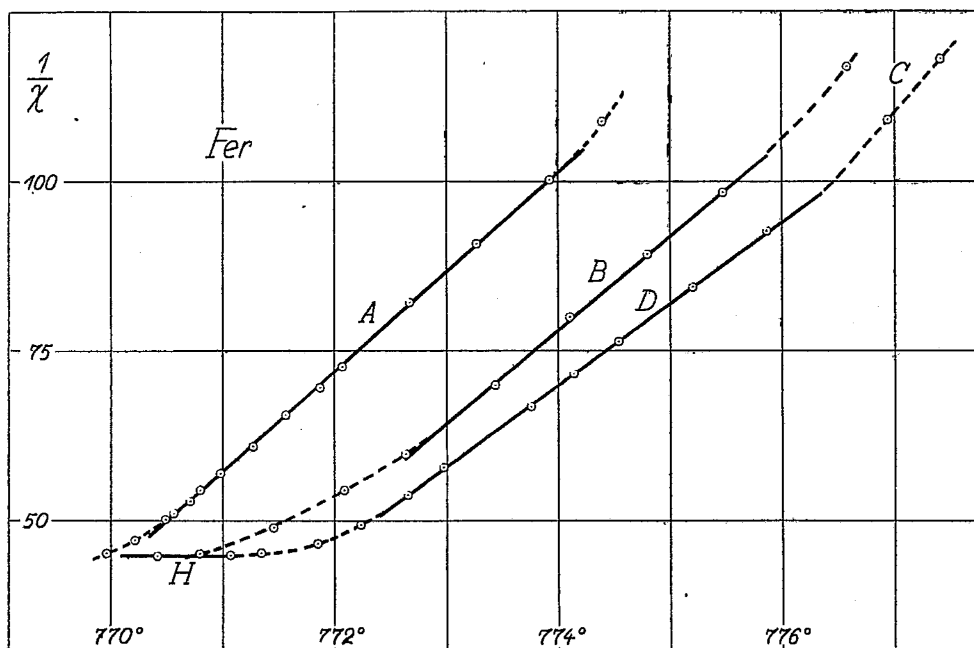
Les incertitudes expérimentales sont de 0°,04. On voit ainsi que les points sont alignés sur une droite à la précision des mesures.

Ces droites présentent les caractères suivants :

Elles se raccordent sans discontinuité.

Elles sont d'autant plus longues qu'elles sont plus éloignées de θ_f : la droite précédente s'étend sur un intervalle de 3°,3, tandis qu'on observe vers 850° des droites s'étendant sur 50°. Les constantes de Curie définies à partir de ces droites sont d'autant plus petites que la droite est plus éloignée

de θ_f. La constante de Curie de D est 0,0831, tandis qu'on a observé ([1]) à haute température C = 0,02256. Weiss et Foëx ([2]) ont observé deux droites bien caractérisées l'une entre 780° et 828° avec C = 0,0395, et l'autre entre 828° et 920° avec C = 0,0273.



Il semble d'ailleurs n'exister aucune relation entre les constantes de Curie des droites successives.

L'échantillon étant revenu à la température de la salle, une nouvelle variation thermique fournit une ligne brisée qui ne coïncide qu'à quelques degrés près avec la précédente. C'est ainsi qu'on a obtenu les droites A et B. Les causes qui sont à l'origine de ces différentes décompositions sont encore incertaines. L'histoire antérieure de l'échantillon doit jouer un rôle important. Mlle Collet et M. Foëx ([3]) ont observé des phénomènes analogues sur le platine, substance paramagnétique à champ moléculaire négatif. Le phénomène est général. Sous leur forme actuelle les théories du magnétisme ne permettent pas de l'interpréter.

---

(1) Néel, *loc. cit.*

(2) *Journal de Physique*, 1, 1911, p. 748.

(3) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 930.

SPECTROSCOPIE. — *Réalisation de sources monochromatiques de lumière rouge et jaune.* Note de M. **Félix Esclangon**, présentée par M. A. Cotton.

Les décharges induites de haute fréquence dans des tubes sans électrodes permettent de réaliser aisément des lampes à sodium et à cadmium d'éclat assez grand; mais le tube ne s'éclaire que s'il est porté à une température assez élevée, ce qui oblige à le chauffer de temps en temps. Cet inconvénient rend illusoire l'emploi de ces sources pour un fonctionnement continu.

Cette difficulté peut être tournée par l'introduction d'argon dans le tube sous une pression voisine de $\frac{1}{10}$ de millimètre de mercure. A froid la décharge passe dans l'argon; elle échauffe le tube et l'on voit apparaître peu à peu la lueur caractéristique de l'émission du spectre d'arc du métal. Le dégagement de chaleur provoqué par la décharge est suffisant pour maintenir le tube en fonctionnement, à condition que le tube soit contenu tout entier à l'intérieur de la self excitatrice afin d'éviter des condensations de métal en des régions froides du tube. J'ai pu réaliser ainsi des lampes à sodium, zinc, cadmium et mercure de fonctionnement très stable; toutefois, pour le sodium, l'attaque du verre par le métal limite la vie du tube à quelques heures seulement.

L'excitation haute fréquence est réalisée par un émetteur composé de deux lampes de 300 watts couplées en montage symétrique Mesny et oscillant sur 10^{m} environ de longueur d'onde. Il suffit de 200 watts disponibles dans le circuit oscillant pour obtenir de bonnes conditions de décharge. La puissance doit être réduite pour les tubes à sodium afin d'éviter une trop forte élévation de température et, par suite, une attaque trop rapide du verre. A ce régime, les lampes sont peu poussées, ce qui est nécessaire à cause de leur fragilité à ces fréquences.

Les tubes excités émettent le spectre d'arc du métal. Le cadmium et le zinc donnent chacun une belle raie rouge aisément séparable des autres raies par un écran coloré. J'ai comparé la brillance de ces sources à celle de l'enveloppe opaline d'une lampe de 75 watts voisine de 3 bougies par centimètre carré. La comparaison a été faite au photomètre Fabry et Buisson qui ne se prête pas aisément à des mesures de photométrie hétérochrome. Un observateur obtient un ensemble de résultats cohérents, mais il existe des écarts assez grands entre les résultats de deux observateurs. Aussi les

nombres donnés ne le sont-ils qu'à titre d'indication. La brillance du tube à cadmium dont on ne laisse passer que la rouge 6438 Å est 1/4 de bougie/cm²; celle du tube à zinc pour la raie 6362 Å, de 1 bougie/cm²; celle du tube à sodium de 1,5 bougie/cm² environ.

Les deux raies rouges ainsi émises sont fines; leur largeur mesurée à l'aide d'une lame de Lummer est d'environ 0,045 Å pour les deux métaux, en fonctionnement à grand éclat. C'est à peu près la largeur de la raie rouge donnée par la lampe à cadmium de Michelson.

J'ai étudié de façon plus précise l'influence de l'argon dans ce mode de décharge. Le rôle du gaz est, non seulement d'amorcer la décharge et d'amener le tube à une température où cette décharge semble ne passer que dans la vapeur du métal, mais encore d'abaisser de façon notable la température de passage de la décharge. Pour le mercure, le sodium et le cadmium purs, la décharge ne passe que pour des températures respectivement voisines de 80°, 250°, et 260°. En présence d'argon, le mercure s'allume à la température ordinaire, le sodium à 180° et le cadmium à 200°. A ces températures, on obtient l'illumination uniforme et complète du tube, due entièrement à l'émission du métal. Mais cette émission se produit encore, quoique moins intense à des températures plus basses. Par exemple, pour le cadmium, la lueur verte du spectre d'arc du métal est visible sur les bords du tube dès 120°; à 160°, elle s'est étendue au centre; à 180° on n'aperçoit plus la lueur rouge de l'argon, mais la décharge manque d'éclat; à 200°, la décharge est brillante dans tout le tube; vers 250°, le gaz devient trop conducteur et la décharge se ramasse en un anneau brillant sur les bords du tube au milieu de sa longueur. C'est entre ces deux températures que le tube est le plus lumineux.

La faible émission métallique aux basses températures peut être intéressante par la finesse des raies émises. On est en présence d'un phénomène analogue à celui qu'a utilisé Schuler dans l'étude des structures hyperfines.

L'action de l'argon dans cette décharge paraît pouvoir s'expliquer par la grande valeur de son potentiel de résonance (11,7 volts) et par sa grande perméabilité aux électrons de faible vitesse (effet Ramsauer). Les électrons susceptibles d'exciter l'argon ont une vitesse suffisante pour produire l'émission de tout le spectre d'arc du métal. En outre, à cause de la grande diminution du diamètre efficace des atomes d'argon pour les électrons de quelques volts, le nombre de chocs entre les électrons et les atomes d'argon peut

devenir faible par rapport au nombre de chocs entre les électrons et les atomes du métal, même pour des pressions de vapeur du métal plus faibles que celle de l'argon.

POLARISATION ROTATOIRE. — *Propriétés optiques du 1.4-naphtylènebisiminocamphre.* Note [1] de M. **J.-P. Mathieu**, présentée par M. A. Cotton.

Ce composé, qui se présente sous forme de cristaux rouges, a pour formule $C^{30}H^{34}O^{2}N^{2}$. Il a été préparé par MM. B. K. Singh et B. Bhaduri [2], qui ont souligné l'intérêt qu'il présente par la grandeur exceptionnelle de son pouvoir rotatoire spécifique. J'ai pu rechercher si l'absorption que montrent les solutions de ce corps pour les faibles longueurs d'onde du spectre visible s'accompagne d'une anomalie dans la dispersion rotatoire et de dichroïsme circulaire.

La figure montre les résultats obtenus pour des solutions dans l'acétone.

L'absorption (courbe III) est représentée par le coefficient d'extinction moléculaire ε défini par la relation $I = I_0\,10^{-\varepsilon lc}$ (c = concentration en molécules-grammes par litre, l = épaisseur de solution traversée en centimètres). L'étude qualitative de l'absorption ultraviolette, faite en solution alcoolique, montre, outre la bande dont le maximum est situé vers 4300 Å, une seconde bande aux environs de 3450 Å. Au-dessous de 2600 Å commence une région de très forte absorption.

La dispersion du pouvoir rotatoire moléculaire [M] (courbe I) présente l'anomalie ordinaire dans la région d'absorption (effet Cotton). L'allure de la courbe laisse prévoir un changement de signe de la rotation sensiblement pour la longueur d'onde pour laquelle ε est maximum. Mais les mesures de rotation dans l'ultraviolet n'ont pu être réalisées à cause de la grandeur de l'absorption. Les nombres obtenus entre $\lambda = 6705$ Å et $\lambda = 5461$ Å sont assez bien représentés par une formule de Drude à un terme; mais le calcul par extrapolation, à partir de cette formule, de la longueur d'onde carac-

---

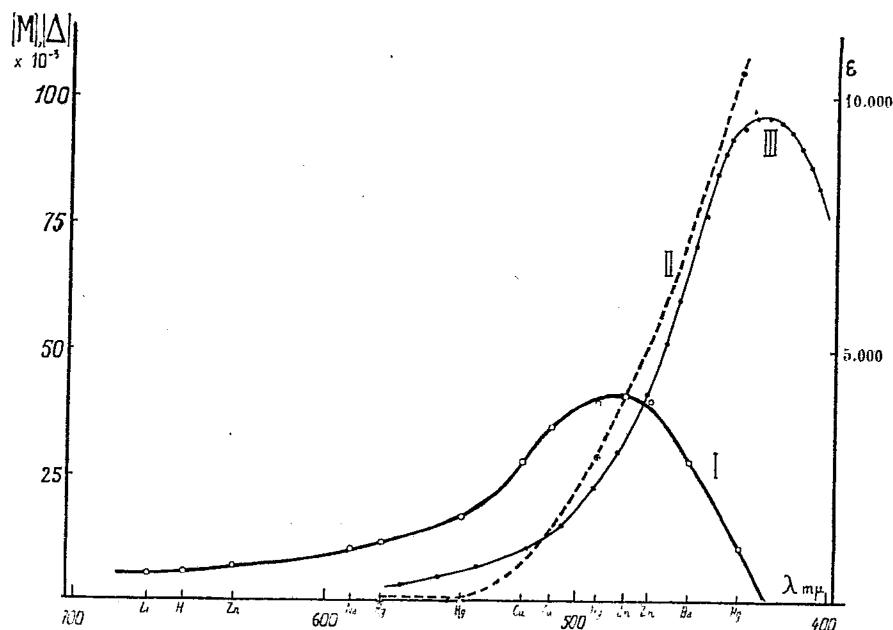
(1) Séance du 11 janvier 1932.

(2) B. K. Singh et B. Bhaduri, *Journ. of the Indian chem. Soc.*, 7, 1930, p. 558. Les auteurs ont préparé les deux antipodes optiques et la forme racémique du composé. Ils ont déterminé le pouvoir rotatoire de ses solutions dans divers solvants pour la raie D et la raie jaune du mercure.

téristique de la bande d'absorption donne une valeur voisine de 4450 Å, nettement supérieure à la valeur expérimentale ([1]).

La dispersion du pouvoir dichroïque moléculaire [Δ] est représentée par la courbe II.

La bande active que l'on a étudiée est attribuable au chromophore $C=N-C^{10}H^8$, la profondeur de la coloration étant due à la présence de deux noyaux benzéniques dans le radical naphtyle lié à l'azote, d'après une



règle empirique connue ([2]). Cette bande possède un coefficient d'extinction particulièrement grand. Elle exerce également une très forte influence sur l'activité optique du composé, dont les valeurs de [M] et de [Δ] au voisinage de la bande sont les plus élevées qu'on ait jamais observées.

J'ai essayé d'appliquer à ce composé les formules données par M. Werner Kuhn ([3]), qui permettent de calculer un certain nombre de paramètres

---

([1]) Un fait analogue a été signalé par T. M. Lowry et J. O. Cutter, *Journ. of Chem. Soc.*, 127, 1925, p. 604.

([2]) Voir par exemple J. Martinet, *Couleur et constitution chimique*, p. 39, Paris, 1924.

([3]) W. Kuhn, *Zeits. f. physik. Chemie*, 8, 1930, p. 281.

caractéristiques dans sa théorie du pouvoir rotatoire. Sans entrer ici dans le détail, j'indiquerai seulement que dans le cas étudié, la bande située dans le visible, qui n'est pourtant pas faible, possède un facteur d'anisotropie d'une grandeur exceptionnelle. Si l'on calcule d'autre part la distance *d* qui sépare dans la théorie les deux résonateurs accouplés, on obtient une valeur supérieure à 64.10^{-8} cm qui est au-dessus de l'ordre de grandeur des dimensions moléculaires. M. Werner Kuhn a rencontré lui-même une valeur de *d* voisine de 80.10^{-8} cm, déjà anormalement forte (¹).

Bien que les dimensions moléculaires du composé que j'ai étudié soient probablement supérieures à celles du complexe chromitartrique, l'écart avec l'expérience est presque aussi accentué que dans le cas trouvé par M. W. Kuhn.

BIRÉFRINGENCE MAGNÉTIQUE. — *Variation avec la température de la biréfringence magnétique de quelques dérivés aromatiques rendus liquides par fusion.* Note de M. **Constantin Salceanu**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai étudié, avec l'appareillage décrit dans une Note antérieure (²) et à l'aide du grand électro-aimant de Bellevue, la biréfringence magnétique, (pour la radiation jaune du mercure) et sa variation avec la température, de quelques substances organiques rendues liquides par fusion, à savoir : l'α-nitronaphtalène, le α et β-naphtonitrile, le diphényle, le triphénylméthane et le benzyle.

Les trois premiers corps ainsi que le dernier, étant jaunes à l'état fondu, nous avons employé des cuves de 2^{cm} de longueur seulement. Ces cuves remplies avec du nitrobenzène donnaient à 20° une biréfringence $\beta = 1°,37$, ce qui correspond à un champ magnétique moyen de 39000 gauss.

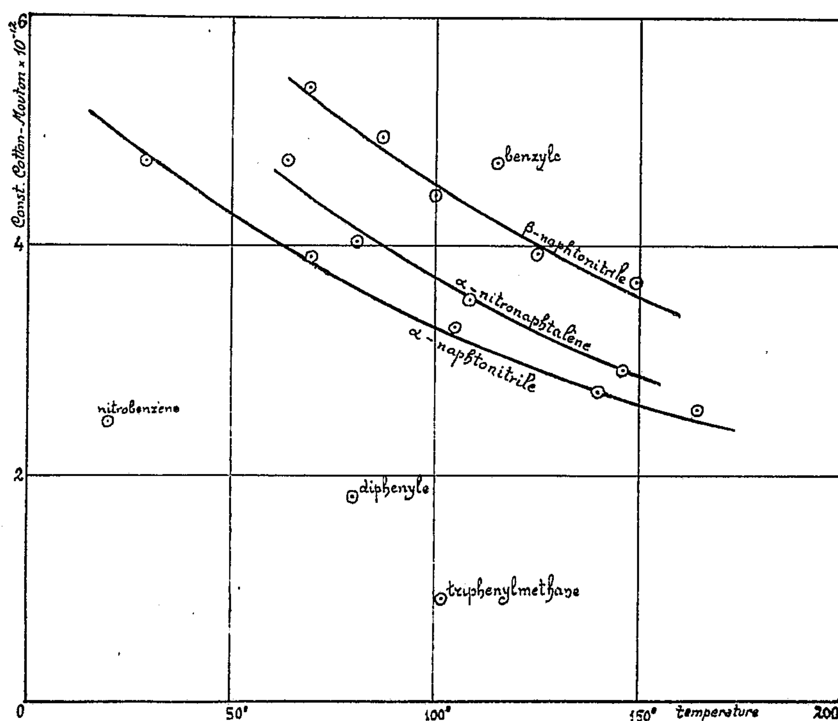
Les trois premiers corps étudiés ont des biréfringences qui ne se modifient pas pendant qu'on les maintient fondus, et se prêtent à une étude de la biréfringence en fonction de la température. Les trois courbes de la figure représentent ces variations, elles ont la même allure que celles de corps étudiés antérieurement, tournant toujours leur convexité vers l'axe des températures.

Les trois corps présentent une biréfringence magnétique beaucoup plus

(¹) W. Kuhn et A. Szabo, *Zeits. f. physik. Chemie*, 15, 1931, p. 59.
(²) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 757.

grande à épaisseur égale, que celle du nitrobenzène : cette dernière est indiquée dans la figure pour la température de 20°.

Les constantes spécifiques de biréfringence $\frac{C_m}{d}$ (pour la température de 100°), de l'α-nitronaphtalène ($3{,}09.10^{-12}$), de l'α-naphtonitrile ($3{,}10.10^{-12}$) et du β-naphtonitrile ($4{,}29.10^{-12}$) comparée à celle du naph-



talène ($1{,}84.10^{-12}$), montrent l'influence additive des radicaux monosubstitués NO^2 et CN vis-à-vis du noyau naphtalénique ; on généralise ainsi les faits constatés par MM. Cotton et Mouton sur le noyau benzénique. En même temps, on voit que l'influence du radical CN est plus marquée pour la position β que pour l'α.

D'après nos mesures et celles de M. Rabinovitch, on constate aussi que si l'on introduit dans le noyau naphtalénique le radical CH^3 dans les deux positions α et β, c'est encore dans ce cas le dérivé β qui a la plus grande constante spécifique ($1{,}93.10^{-12}$ à 100°). Mais si l'on compare leurs deux constantes spécifiques à celle du naphtalène, on constate que la substitution de ce radical n'entraîne pas exactement dans les deux cas les mêmes change-

ments de la constante spécifique que MM. Cotton et Mouton trouvaient pour les dérivés du benzène : l'α-méthylnaphtalène a une constante spécifique ($1,87.10^{-12}$ à 16°) inférieure à température égale à celle du naphtalène.

Quant aux trois derniers corps étudiés : le diphényle, le triphénylméthane et le benzyle, nous avons constaté pour tous les trois un changement de l'angle de biréfringence avec le temps de chauffe. On avait d'abord tracé la courbe de variation avec la température, en faisant croître progressivement cette dernière jusqu'à une valeur donnée. En opérant ensuite en sens inverse, par refroidissement, on a constaté qu'on ne retrouvait pas la même valeur, mais une valeur beaucoup plus petite. Ces substances changent donc de structure moléculaire sous l'influence de la chauffe, et la biréfringence magnétique constitue un moyen physique de se rendre compte de ce changement.

Pour expliquer cette modification de la substance on peut envisager l'hypothèse d'une oxydation, sous l'influence prolongée de la chauffe. Il sera intéressant, par suite, de reprendre les expériences sur les mêmes corps chauffés dans une atmosphère d'un gaz inerte.

Pour donner une idée de la grandeur de l'anisotropie moléculaire de ces trois corps, nous nous bornerons à indiquer les valeurs des constantes de Cotton-Mouton relatives à une seule température, choisie dans chaque cas près du point de fusion, afin que les substances n'aient pas le temps de s'altérer :

Diphényle.	Triphenylméthane.	Benzyle.
$C_m = 1,79.10^{-12}$	$C_m = 0,89.10^{-12}$ (102° C.)	$C_m = 4,72.10^{-12}$ (116° C.)

La variation de la biréfringence magnétique en fonction de la température du diphényle est anomale; elle a paru insensible d'après nos expériences.

Pour être sûr de ce fait, nous avons opéré en chauffant à 80° au-dessus du point de fusion de la substance, et coupant alors le courant de chauffage de la cuve. Le champ étant alors établi, nous avons observé les plages en même temps qu'on observait le thermomètre à l'aide d'une lunette située près de l'analyseur. Les plages sont restées parfaitement égales, jusqu'au moment où la substance venant à se solidifier, la formation de petits cristaux a provoqué la dépolarisation de la lumière.

Quant au benzyle, ce corps présente la plus grande biréfringence des corps étudiés par nous. La biréfringence électrique de ce corps a été mesurée

en solution benzénique par M. R. de Mallemann (1) : il arrivait à cette conclusion que la constante de Kerr du benzyle est négative et supérieure en valeur absolue à celles de tous les autres corps négatifs connus. Il interprétait ce résultat théoriquement en admettant que le benzyle a un grand moment permanent (structural) et simultanément une forte anisotropie induite.

Mais cette grande biréfringence magnétique du benzyle n'est pas stable; après un assez long temps de chauffe (une heure) on trouve qu'elle a presque disparu complètement : il s'agit ici encore d'un corps que le chauffage modifie profondément.

RADIOACTIVITÉ. — *Émission de protons de grande vitesse par les substances hydrogénées sous l'influence des rayons γ très pénétrants.* Note (2) de Mme **Irène Curie** et M. **F. Joliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons montré (3) que les rayonnements γ excités par les rayons α du polonium dans le glucinium et dans le bore ont des coefficients d'absorption massique bien plus faibles que celui des rayons les plus pénétrants des corps radioactifs [$(\mu/\rho)_{Pb} = 0{,}013$ et $(\mu/\rho)_{P} = 0{,}02$ respectivement]. Ces nombres correspondent à des énergies quantiques très élevées comprises entre celles des rayons les plus pénétrants des radioéléments et celles des rayons cosmiques.

Nous avons étudié ces rayonnements par l'ionisation qu'ils produisent dans une chambre montée sur un électromètre Hoffmann; les rayons pénètrent dans la chambre à travers une feuille d'aluminium. Nous avons constaté que le courant d'ionisation produit par ces rayons filtrés par $1^{cm},5$ de plomb reste sensiblement le même quand on place contre l'entrée de la chambre des écrans minces de substances très diverses (C, Al, Cu, Ag, Pb). Au contraire, le courant augmente notablement quand on interpose des écrans de substances contenant de l'hydrogène comme la paraffine, l'eau, la cellophane. L'effet le plus intense a été observé avec la paraffine; le courant varie presque du simple au double dans ce cas. En plaçant des écrans

(1) R. de Mallemann, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 709.

(2) Séance du 11 janvier 1932.

(3) Irène Curie, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1412; F. Joliot, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1415.

minces d'aluminium entre la paraffine et la chambre, nous avons pu voir que l'accroissement du courant était dû à un rayonnement complètement absorbé dans $0^{mm},2$ d'aluminium.

Ce rayonnement supplémentaire ayant été observé seulement avec des écrans constitués par des substances hydrogénées, nous avons supposé qu'il s'agissait de rayons H. Cette hypothèse est confirmée par les expériences suivantes :

1° En modifiant le dispositif expérimental, nous avons pu vérifier que ce rayonnement absorbable n'est pas éliminé par un champ magnétique. Il ne s'agit donc pas d'un rayonnement électronique.

2° Des expériences comparatives d'absorption ont montré, qu'à masse superficielle égale, l'argent absorbe moins que l'aluminium, ce qui élimine l'hypothèse d'un rayonnement électromagnétique et qui est conforme au comportement des rayons H.

L'intensité de ce rayonnement varie proportionnellement à celle des rayons γ de la source.

La production de rayons H doit avoir pour conséquence une absorption anormalement forte de ces rayons γ par les substances hydrogénées; des expériences en cours montrent qu'il en est bien ainsi.

Des expériences faites dans des conditions analogues avec les rayons du ThC″ n'ont pas révélé d'effet de ce genre.

Le parcours maximum dans l'air, des protons produits par les rayonnements γ du glucinium et du bore, sont respectivement 26^{cm} et 8^{cm} environ, ce qui correspond à des énergies de l'ordre de $4,5 \times 10^6$ et $2 \times 10^6 eV$. Les protons les moins rapides sont émis par le rayonnement le moins pénétrant, celui du bore.

L'interprétation du phénomène est rendue difficile par le fait qu'on ne peut estimer que très imparfaitement l'énergie des photons émis par le glucinium et par le bore. Si l'on suppose que les photons peuvent communiquer aux protons une partie de leur énergie par un processus analogue à l'émission des électrons projetés par effet Compton, on trouve que les énergies des rayons du Be et du B seraient respectivement de l'ordre de 50.10^6 et $35.10^6 eV$. La grande différence entre ces nombres et ceux que nous avons donnés (15 à 20×10^6 et $11 \times 10^6 eV$) n'est pas une raison suffisante pour rejeter cette hypothèse étant donné les erreurs considérables que l'on peut commettre en évaluant les énergies quantiques des rayonnements très pénétrants d'après leur coefficient d'absorption.

Quelle que soit l'interprétation que l'on peut donner à ce phénomène, il

est vraisemblable qu'il a lieu pour tous les rayonnements d'énergie quantique très élevés, en particulier pour les rayons cosmiques, s'ils sont de nature électromagnétique [1]. L'interprétation des mesures des coefficients d'absorption dans l'eau pour ces rayons doit en être considérablement affectée.

Il paraît donc établi par ces expériences qu'un rayonnement électromagnétique de haute fréquence est capable de libérer, dans les corps hydrogénés, des protons animés d'une grande vitesse.

RADIOACTIVITÉ. — *Le dépôt électrolytique du polonium en milieu alcalin.* Note de M. **M. Haïssinsky**, présentée par M. J. Perrin.

Les propriétés électrochimiques du polonium dans les solutions acides ont été étudiées par de nombreux auteurs [2]. Pour le milieu alcalin au contraire, on connaît seulement la recherche de F. Paneth [3] qui, en collaboration avec H. Benjamin, a constaté la dissolution du Po, sous l'action du courant électrique, dans des solutions de potasse de titres divers. J'ai pensé que la mesure des potentiels critiques du Po dans ce milieu pourrait contribuer à l'éclaircissement de la nature des ions que cet élément est capable de former, donc de sa nature chimique. J'ai utilisé dans cette recherche la méthode de Hevesy et Paneth, perfectionnée par F. Joliot [4]. Les potentiels critiques, caractéristiques pour les ions déposables sur les électrodes, sont déterminés, dans cette méthode, par les points d'inflexion de la courbe : vitesse de dépôt-potentiel de l'électrode.

J'ai employé des électrodes d'or de 7,5 mg/cm² et de $0^{cm^2},8$ de surface. Le volume de l'électrolyte, solution de soude très pure, était de 11 à 12^{cm^3}, la concentration en polonium de 2 à 4.10^{-9} atome-gr/lit. L'alcalinité des

(1) Dans une Conférence faite récemment à Paris, Millikan a annoncé que, sur des photographies de rayons cosmiques obtenues par la méthode de Wilson, dans un champ magnétique intense, on voit apparaître parfois les trajectoires d'un proton et d'un électron issus d'un même point. Nous n'avons pas encore de renseignements plus détaillés sur ce phénomène.

(2) Voir à ce sujet F. Joliot, *Journ. Chim. Phys.*, 27, 1930, p. 119, ainsi que S. Schneidt, *Wien. Ber.*, 138, 1929, p. 755.

(3) *Zeits. f. Electroch.*, 31, 1925, p. 572; voir aussi Escher-Desrivières, *Ann. de Chim.*, 5, 1926, p. 293.

(4) *Loc. cit.*; *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1325; 192, 1930, p. 1448.

solutions a été déterminée, avant et après chaque expérience ([1]), en les titrant avec un acide fort; j'ai mesuré en outre, après chaque expérience, le pH de la solution avec une électrode de Pt platiné dans un courant d'hydrogène.

Il résulte de ces expériences que le polonium se dépose, dans un milieu alcalin, à des potentiels favorables, sur les deux électrodes avec des vitesses comparables à celles du dépôt dans un milieu acide. Dans la soude 1 N les vitesses de dépôt sur les deux électrodes sont du même ordre de grandeur, mais en faisant varier l'alcalinité dans l'un ou l'autre sens le dépôt anodique diminue considérablement. La vitesse de dépôt cathodique, au contraire, ne devient très petite que pour les très faibles alcalinités (0,3 N environ).

Quant aux potentiels critiques, celui de l'anion ne varie pas, dans les limites des erreurs expérimentales, avec l'alcalinité, sa valeur moyenne déduite de nombreuses expériences étant $+0^v,53$ par rapport à l'électrode Hg/Hg^2Cl^2, KCl 1 N, tandis que celui du cation varie considérablement et régulièrement avec la concentration des ions OH^-, comme l'on voit d'après le tableau suivant présentant le résultat d'une série d'expériences :

Concentration de NaOH.	pH.	Potentiel critique du cation, par rapport à Hg/Hg^2Cl^2, KCl 1 N.
		v
0,28 N	13,2	−0,21
0,57 »	13,6	−0,26
1,03 »	13,7	−0,29
1,68 »	–	−0,35
2,20 »	–	−0,39
4,0 »	–	−0,43

Pour des concentrations de NaOH plus faibles (0,15 et 0,1 N) le Po se dépose en petites quantités à tous les potentiels (de $+0^v,60$ à $-0^v,40$).

Les valeurs du tableau se rapportent aux *électrodes en or chimiquement pur et ayant subi préalablement une polarisation cathodique*, cette dernière condition étant nécessaire pour la reproductibilité des résultats. Avec de l'or contenant des traces d'impuretés, le potentiel cathodique devient également plus négatif avec l'augmentation de l'alcalinité, mais les valeurs absolues sont déplacées, pour une qualité d'or donnée, dans un sens ou dans l'autre.

Pour une alcalinité déterminée, le polonium déposé sur la cathode ou sur l'anode se dissout, si le potentiel est respectivement plus positif ou plus négatif que le potentiel critique, avec une vitesse d'autant plus grande que

([1]) Pratiquement, le titre de la solution ne varie pas pendant l'expérience et dans le tableau de la page suivante j'ai donné la valeur moyenne des deux titrages.

la différence entre les deux potentiels est elle-même plus grande, phénomène analogue à celui que j'ai observé en milieu acide.

Ces expériences montrent donc que dans la soude suffisamment concentrée ($>0,2$ N), le polonium se trouve, au moins en très grande partie, à l'état soluble et ionique et qu'il forme, dans les conditions de l'électrolyse, un anion caractérisé par un potentiel critique constant et un cation dont le potentiel varie avec la concentration de l'alcali. La concentration optimum pour le dépôt de l'anion est 1 N environ. Ces particularités rendent difficile pour le moment l'identification des deux ions. La valeur du potentiel de l'anion ($+0^v,53$) exclut l'hypothèse qu'il s'agirait du Po^{--}, étant donné que le potentiel de ce dernier devrait être, d'après le système périodique des éléments, fortement négatif [1]. Les valeurs trouvées ne permettent pas non plus de déterminer, à l'aide de la loi de Nernst sur les potentiels électrolytiques, les potentiels normaux des ions, car d'après les expériences de Mme Wertenstein et de M. Joliot [2], et comme on pouvait le prévoir [3], cette loi n'est pas applicable pour les très faibles concentrations qu'on emploie généralement dans le cas des radioéléments.

La solubilité du polonium dans la soude, qualitativement connue depuis longtemps [4], est encore prouvée par une série d'expériences que j'ai effectuées avec une centrifugeuse dont l'accélération moyenne est de $4,7.10^6$ c. g. s. (6000 t/min.) [5]. La durée de la centrifugation était d'une heure, le volume du liquide $3,5^{cm^3}$; les autres conditions des expériences et les quantités relatives du Po, déposées sur les parois du tube, sont indiquées dans le tableau suivant :

Conc. de NaOH.	Po en 10^{-10} gr.	Po centrifugé en %.
2,55 N	2,8	3,5
1,05 »	3,8	5,5
0,57 »	3,9	7,9
0,10 »	2,8	18,6
0,02 »	2,1	34,4

C'est donc pour des concentrations de soude inférieurs à 1 N que les quantités de Po centrifugeables deviennent appréciables.

---

(1) KASARNOWSKI, *Zeits. f. anorg. Chem.*, 128, 1923, p. 33.

(2) *Loc. cit.*

(3) K. HERZFELD, *Phys. Zeits.*, 14, 1913, p. 29.

(4) Mme CURIE et DEBIERNE, *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 386.

(5) Pour la méthode de centrifugation, voir Mlle CHAMIÉ et M. GUILLOT, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1187.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la structure des films de nitrocellulose.* Note de MM. **Desmaroux** et **Mathieu**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons décrit [1] comment le rœntgénogramme des nitrocelluloses de faible taux d'azote (12 pour 100 N) changeait quand on passe de la nitrocellulose en fibres de nature cristalline, au film obtenu par évaporation d'une solution dans le mélange éther-alcool.

I. Nous avons vérifié que les solutions acétoniques de ce coton nitré à 12 pour 100 laissent par évaporation un film qui donne le même diagramme que ceux provenant du mélange éther-alcool.

II. Nous avons cherché à déterminer l'influence du taux d'azote sur la structure des films de nitrocellulose en nous servant des cotons nitrés qui ont fait l'objet de nos précédentes études. Les films étaient obtenus par évaporation sur une plaque de verre d'une solution dans l'acétone du coton nitré. L'acétone a été choisie parce qu'elle dissout toutes les nitrocelluloses même celles de taux d'azote élevé.

Les diagrammes obtenus peuvent être décrits de la manière suivante :

On a dans tous les cas, *quel que soit le taux d'azote*, un halo de grand diamètre; ce halo est diffus, ce qui empêche toute mesure précise sur la position d'un maximum d'intensité. Mais on peut dire que ce halo s'étend là où étaient les plages ou les cercles extérieurs décrits à propos des rœntgénogrammes des fibres nitrées. θ étant l'angle de diffraction on a à peu près :

$$0,68 < 2 \operatorname{tang} 2\theta < 0,90.$$

On a d'autre part un halo qui correspond à des diffusions aux petits angles et qui s'étend autour de la tache centrale. Ce halo central change d'aspect quand le taux d'azote du coton nitré varie. *Il augmente en intensité à mesure que croît le taux d'azote et en même temps son bord extérieur devient de plus en plus net.* Ce bord reste toujours là où se trouvait le cercle de petit diamètre des fibres nitrées. Pour les cotons de très faible taux d'azote (11 pour 100) ce halo central n'existe pour ainsi dire pas, alors que pour

(1) Desmaroux et Mathieu, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 234 et 354.

les cotons à 12,34 pour 100 et 13 pour 100 il forme sur les clichés une grosse tache noire à bord net et même renforcé.

Ces remarques peuvent d'ailleurs se faire sur les diagrammes de films de nitrocellulose publiés par J.-J. Trillat (1).

III. Les cotons à 12,10 pour 100 N et au-dessous donnent des films dont les diagrammes peuvent être reproduits toujours identiques. Mais il n'en est plus de même dès que l'on passe aux cotons plus nitrés. Par exemple deux films faits apparemment dans les mêmes conditions avec un coton à 13,3 pour 100 d'azote ont donné deux diagrammes différents : l'un sur lequel on observe les aspects décrits plus haut, l'autre qui donne un diagramme rappelant celui du coton nitré fibreux initial. Dans ce dernier diagramme le halo extérieur est scindé en deux cercles nets, le halo central est bordé par un cercle net intense qui est celui des fibres. Pour les cotons dont les taux d'azote sont supérieurs à 12,34 pour 100 on n'observe des variations régulières des diagrammes avec le taux d'azote que si les solutions ont été très étendues et laissées en décantation pendant trois semaines. Dans tous les autres cas le rœntgénogramme ressemble plus ou moins à celui du coton nitré initial.

Il convient de faire remarquer que dans tous les cas nous nous sommes assurés de l'homogénéité de nos produits à l'aide du microscope polarisant.

IV. Les solutions dans l'acétone des diverses nitrocelluloses étudiées ont été examinées. *Toutes ont donné le même diagramme*, *celui de l'acétone*, quels que soient la concentration et le type de nitrocellulose dissoute.

En particulier il ne reste rien du cercle de petit diamètre dont nous avons montré la si grande importance à propos des nitrocelluloses à l'état cristallisé (2). *Ce petit cercle qui n'est pas rattaché à la période le long de l'axe de fibre, mais qui dépend uniquement des distances de voisinage des chaînes de groupes* (C^6) *est donc complètement évanoui dans les solutions alors qu'il s'en retrouve quelque chose* (le halo entourant la tache centrale) *quand la solution est évaporée et laisse le film de nitrocellulose amorphe.*

Quant au halo de grand diamètre, toute observation sur lui est difficile, du fait que le halo dû à l'acétone pure est à peu près à la même place que les grands cercles ou halos donnés par les nitrocelluloses.

V. Il nous semble légitime de voir dans les rœntgénogrammes des

---

(1) J.-J. Trillat, *J. de Phys.*, 7e série, 2, 1930, p. 65.

(2) Desmaroux et Mathieu, *loc. cit.*

films, des modifications de ceux que donnent les fibres de coton nitré. Ainsi que nous venons de le dire dans le paragraphe précédent, dans le film amorphe il reste quelque chose de la régularité qui formait la base de la structure primitive des fibres. On a :

1° une période dont l'ordre de grandeur est de 4,5-4 Å et qui est, nous l'avons vu, un écart entre plans réticulaires du réseau de la trinitrocellulose qui font intervenir la période le long de l'axe de fibre. (Plans de la forme *h*(*hkl*) où *l* est différent de o si l'axe *c* est pris pour axe de fibre.)

2° le bord du halo central est toujours là où était, dans le diagramme des nitrocelluloses, le cercle qui correspondait à une interférence ne faisant intervenir que les distances entre chaînes primitives dans les fibres de nitrocellulose. [Plan de la forme (*hk*O).]

Cette évolution observée dans le diagramme du film est en très bon accord avec les faits connus, que l'on exprime en disant que l'acétone est un bien meilleur solvant pour les cotons nitrés dont le taux d'azote est inférieur à 12,30 que pour les cotons s'approchant de la trinitrocellulose.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une théorie des réactions explosives.* Note de M. **Henri Muraour**, présentée par M. G. Urbain.

Suivant la manière dont se comportent les explosifs enflammés à l'air libre, on peut classer ceux-ci en deux catégories :

1° La combustion se propage avec une grande vitesse et donne naissance, après un trajet qui peut être extraordinairement court, à une onde explosive. A cette catégorie appartiennent en particulier, les explosifs dits d'amorçage, azoture de plomb, fulminate de mercure, etc.

2° La combustion se propage avec une vitesse relativement faible et ne donne jamais naissance, à l'air libre, à une onde explosive.

Dans cette catégorie rentrent les dérivés nitrés, trinitrotoluène, acide picrique, poudres colloïdales, etc.

Jusqu'ici aucune théorie n'a permis d'expliquer d'une manière convenable une différence aussi fondamentale.

Nous présenterons ici quelques hypothèses qui nous paraissent pouvoir conduire à une explication satisfaisante.

Nous prendrons pour base une remarque déjà formulée : Les molécules explosives ne sont pas nécessairement des molécules fragiles et pour les

décomposer, il faut leur fournir une certaine quantité d'énergie. Cette énergie peut être apportée :

1° Dans la détonation, sous la forme d'une onde de choc entretenue par la réaction elle-même (onde explosive);

2° Dans la combustion, par le choc des molécules gazeuses à haute température produites par la réaction.

Nous admettrons que l'onde explosive est toujours déterminée par un choc, soit le choc d'un corps solide, balle de fusil par exemple, soit une compression extrêmement brusque, produite en un temps très court par les molécules gazeuses engendrées dans la réaction.

Les explosifs susceptibles de détoner par inflammation à l'air libre seraient donc simplement ceux dans lesquels la combustion atteint une vitesse suffisante pour que les gaz émis, n'ayant pas le temps de s'échapper, produisent à la surface de l'explosif, une compression brusque analogue à un choc (1).

Mais quelle est la cause des différences de vitesse observées dans la combustion (à l'air libre) des explosifs ?

Pour expliquer ces différences, nous admettrons qu'un troisième mode de transmission de l'énergie, *la réaction par chaîne*, déjà rencontré, dans l'étude des mélanges gazeux explosifs, joue également un rôle dans la décomposition des substances explosibles solides. Dans ce mode de transmission l'énergie dégagée par la décomposition des molécules se transmet directement aux molécules voisines, celles-ci recevant brusquement l'incrément d'énergie nécessaire à leur décomposition. La réaction se propage ainsi de molécules en molécules par de véritables chaînes, ces chaînes pouvant être très longues ou, au contraire, se briser après un très faible parcours.

Alors que, dans la combustion provoquée par le choc des molécules gazeuses, on observe que la vitesse est, en première approximation, proportionnelle à la pression, on peut admettre que les réactions par chaîne, se propagent dans la masse solide de l'explosif, *avec des vitesses indépendantes de la pression*.

---

(1) Remarquons que si l'on n'opère plus à l'air libre et si les produits de la combustion ne peuvent plus se dégager librement, l'inflammation peut alors, pour un grand nombre d'explosifs, se transformer en détonation, la vitesse du dégagement gazeux qui augmente avec la pression devenant assez grande pour qu'il se produise un véritable choc à la surface de l'explosif.

Les explosifs d'amorçage, ceux qui sont susceptibles de prendre à l'air libre, par simple inflammation, le régime détonant, *seraient des composés dans lesquels les réactions par chaîne joueraient un rôle primordial.*

Grâce à l'intervention de ces réactions, la quantité d'explosif décomposée dans l'unité de temps *pourrait devenir assez grande pour créer la surpression brusque nécessaire à la naissance de l'onde explosive* ([1]). Cette même réaction par chaîne ne jouerait au contraire qu'un rôle nul ou tout à fait secondaire (chaînes très courtes) dans la décomposition des explosifs de la seconde catégorie, l'énergie nécessaire à la décomposition étant alors transmise non pas directement et en un temps très court, mais beaucoup plus lentement par l'intermédiaire des molécules gazeuses déjà dégagées. En particulier en ce qui concerne les poudres propulsives, la mise sous forme colloïdale de l'explosif pourrait avoir pour effet, non seulement de permettre la combustion par couches parallèles, comme l'a démontré M. Vieille, *mais aussi de rendre négligeable le rôle joué par les réactions par chaînes*, la vitesse de combustion devenant ainsi pratiquement proportionnelle à la pression. Cependant, même dans la combustion de cette catégories d'explosifs, le rôle des réactions par chaînes n'est peut-être pas absolument nul et peut-être faut-il chercher dans l'intervention de ce mode de propagation la cause des réductions d'aire des courbes pressions-temps que nous avons observées aux basses densités de chargement ([2]) l'intervention de ces réactions par chaînes jouant ici le rôle d'un apport d'énergie indépendant de la pression et proportionnel au temps. Peut-être aussi les effets remarquables de certains corps comme la vaseline, qui s'opposent à la diminution de l'aire, ont-ils pour cause la rupture prématurée des chaînes, la vaseline dispersée dans la poudre comme un corps étranger au colloïde, jouant ici le même rôle que celui des parois sur lesquelles viennent se briser les chaînes dans les réactions des mélanges gazeux explosifs.

([1]) L'existence des chaînes expliquerait aussi la grande sensibilité au choc de ces explosifs, la décomposition amorcée en un point se propageant immédiatement dans toute la masse.

([1]) Voir en particulier Muraour et Aunis, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 90; 193, 1931, 1082.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Constitution, graphitisation spontanée et hystérésis thermique des fontes au titane à bas carbone total.* Note de M. **Jean Challansonnet**, présentée par M. L. Guillet.

Au cours d'une étude d'ensemble des propriétés et des caractères héréditaires de certaines fontes où le titane et le vanadium se présentent en assez fortes teneurs comme éléments congénitaux anormaux, j'ai été conduit à étudier les effets de doses croissantes de titane sur la constitution d'une fonte blanche destinée à être malléabilisée par recuit graphitisant.

L'esquisse du diagramme d'équilibre fer-titane proposée par Lamort [1] comporte près du fer un large domaine de solution solide, assez imprécis d'ailleurs, qui vers 1300° accuse 6 pour 100 de titane; puis entre le fer et le composé Fe^3Ti un eutectique caractérisé par 13,2 pour 100 Ti et 1300°.

Les recherches de Tamaru [2] portant sur des alliages de fer dont le carbone s'étend de 0,7 à 4,35 pour 100, nous enseignent que le titane élève la température de l'eutectique du système Fe-Fe^3C et diminue très sensiblement sa teneur en carbone. Piwowarsky [3] a signalé que dans une fonte très pure à 4 pour 100 de carbone total, l'effet de graphitisation primaire était maximum avec 0,1 pour 100 de titane et peu affecté par les variations importantes du silicium.

Les fontes au titane du tableau suivant ont été élaborées au four à induction à haute fréquence, en creuset silico-alumineux à atmosphère neutre à partir d'une fonte d'analyse :

$$Ct = 2,3 \text{ pour } 100, \quad Si = 0,9, \quad Mn = 0,3, \quad S = 0,06, \quad P = 0,01$$

et de ferro-titane aluminothermique à 27 pour 100 de titane. Elles ont été coulées à 1500° en sable préalablement étuvé, le moule donnait un lingot cylindrique de 20^{mm} de diamètre et 200^{mm} de hauteur et une baguette de 6^{mm} de diamètre et 100^{mm} de hauteur pour l'étude de la dilatation.

---

(1) Tamaru, *Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ.*, 14, 1925, p. 25-32.

(2) Tamaru, *loc. cit.*

(3) E. Piwowarsky, *Le titane dans la fonte* (*Stahl und Eisen*, 43, 1923, p. 1491-1494).

N°.	C. Total pour 100.	Ti pour 100.	Dureté Brinell.	Point de Curie de la cémentite.	Température de transformation. Ac.	Refroidissement. Vitesse v.	Vitesse V.	Température de graphitisation spontanée θ_g.
1...	2,25	0	550	200°	730°	700°	600°	ne
2...	2,30	0,17	522	200	730	700	600	graphitisent
3...	2,20	0,42	450	200	750	700	600	pas
4...	2,27	0,78	395	175	780	700	650	950°
5...	2,20	0,90	353	150	800	725	700	925°
6...	2,18	1,06	297	150	825	725	700	900°
7...	2,15	1,30	220	130	835	780	740	900°
8...	2,10	1,55	277	–	845	800	760	–
9...	2,20	1,93	317	–	860	820	800	–

Toutes ces fontes ont des dosages de silicium compris entre 0,8 et 0,9 pour 100.

Microstructure. — Les examens micrographiques combinés avec l'étude de la dureté des jets principaux m'ont permis d'établir le diagramme de la figure dans lequel on peut distinguer trois zones :

A. De la fonte pure à 0,8 pour 100 de titane, les alliages voient leur dureté décroître, la cémentite préeutectique très fine de l'échantillon de base (n° 1) grossit et prend des contours moins nets. La constitution de la perlite subit les mêmes influences.

B. La deuxième zone est celle des fontes truitées; elle débute à 0,9 de titane et se trouve caractérisée par une apparition de carbone libre qui entraîne une décroissance brusque de la dureté.

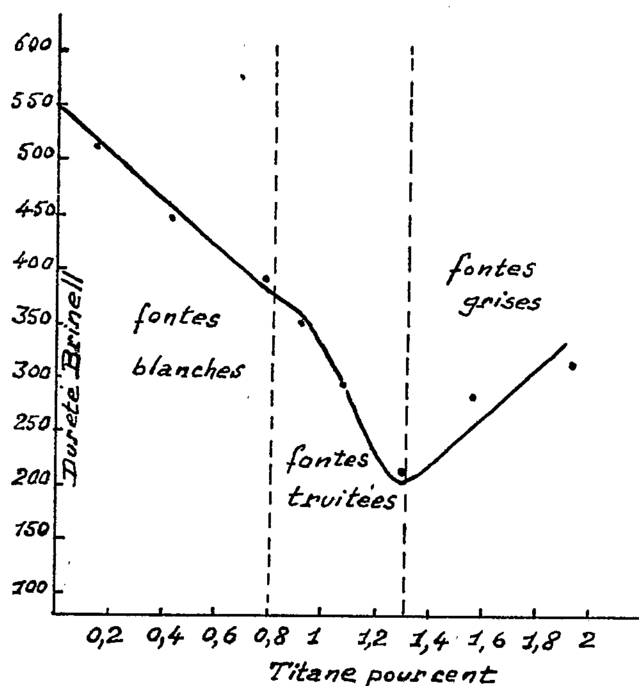
C. Au delà de 1,3 pour 100 de titane la fonte devient ferritique et la totalité de son carbone est précipité à l'état de graphite en nodules.

Analyse dilatométrique. — Elle a été effectuée au dilatomètre différentiel optique Chevenard par rapport au Pyros. La température maximum de 1000° était atteinte en 3 heures 10 minutes suivant une courbe température-temps semblable pour chacun des essais, la vitesse normale de refroidissement v était de 250° par heure.

Pour le rejet des points de transformation la vitesse de refroidissement V de 100° par minute a été réalisée par insufflation d'air comprimé sur les tubes du dilatomètre.

Les courbes de dilatation différentielle permettent d'enregistrer la rétrogradation de l'anomalie de Curie du carbure de fer à partir de 0,8 de titane, ce qui laisse supposer l'existence d'une cémentite complexe entre cet élément et Fe^3C.

Pour cet effet thermique déterminé, la fonte blanche à 0,8 de titane subit à 950° une graphitisation spontanée très nette, alors que l'alliage de base et les autres moins titanés restent stables. Quand le titane atteint 1,3 pour 100, θ_g s'abaisse à 900°. Dans chacun de ces cas le carbure de fer



résiduel est très faible, les échantillons sont constitués de graphite en nodules entourés de ferrite avec des îlots de perlites disséminés.

Le titane élève d'une façon très nette les points de transformation de la perlite au chauffage et au refroidissement, il accroît considérablement la vitesse critique de trempe martensitique. Sur ce point il agit comme le silicium (1).

Il est intéressant de remarquer que le titane et le silicium, métalloïdes aux caractères chimiques communs, modifient dans le même sens les caractères des fontes. Ils favorisent tous deux la formation du graphite de solidification puis celle du graphite de recuit. De même ils diminuent l'hystérésis thermique de la transformation : solution (fer α — C) → Fe + Fe^3C.

---

(1) Léon Guillet, Galibourg et Ballay, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 14.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Séparation des carbures thiophéniques contenus dans les huiles soufrées.* Note de M. et Mme **Leclère**, présentée par M. C. Matignon.

La présence de soufre dans les produits de distillation primaire des roches bitumineuses est un fait général, mais la teneur en soufre varie beaucoup suivant l'origine des roches. Parmi les huiles soufrées, les plus intéressantes sont celles qui présentent un haut pourcentage en métalloïde (12 pour 100), à cause de leur usage en thérapeutique, usage qui est déjà fort ancien. Le soufre contenu dans ces huiles s'y trouve notamment sous forme de carbures thiophéniques, et c'est précisément aux dérivés du thiophène que l'on attribue actuellement les propriétés curatives des huiles soufrées obtenues par la distillation sèche de certaines roches bitumineuses.

Nous nous sommes proposé d'isoler les principes immédiats thérapeutiquement actifs des huiles soufrées; nous y avons réussi en procédant par une sulfonation ménagée. Quand on traite les huiles soufrées à chaud par l'oléum, on réalise la sulfonation totale à la fois des carbures thiophéniques et des carbures d'hydrogène qui les accompagnent. Par contre, en opérant à froid, durant un temps limité (1 heure), en présence d'un diluant inerte (par exemple le pétrole), et avec de l'acide sulfurique légèrement étendu (96,5 pour 100), nous avons pu utiliser la différence des vitesses de sulfonation des composés thiophéniques et des autres carbures pour réaliser leur séparation.

Le mélange des acides thiophènesulfoniques, traité par l'eau à l'ébullition, régénère les carbures thiophéniques; ces derniers, obtenus ainsi en bloc, sont séparés par entraînement à la vapeur d'eau, séchés, distillés et classés par rectification. La méthode exposée ci-dessus est beaucoup plus simple que l'emploi des sulfonations successives que nous avions d'abord envisagé.

Cette méthode de séparation directe des carbures thiophéniques a été appliquée aux huiles soufrées provenant du gisement de Saint-Champ près Belley (Ain); nous avons reconnu que ces huiles contenaient en moyenne 8 pour 100 de dérivées thiophéniques inférieurs, notamment du propylthiophène (Thiophan), qui, après purification, se présente sous la forme d'un liquide bouillant de 150 à 160°, titrant 25,6 pour 100 de soufre organique, constitué par le mélange des propylthiophènes isomères :

αn-propylthiophène bouillant à 157°,5;

Isopropylthiophène bouillant à 153-154°;
β-isopropylthiophène bouillant à 157-158°,

dont la teneur en soufre, répondant à la formule $C^3H^7.C^4H^3S$, est de 25,39 pour 100.

Par ce procédé de sulfonation ménagée, on retire des huiles qui ont fait l'objet de cette étude, en une seule opération, et à un degré de pureté élevé (93 pour 100), les carbures thiophéniques qui en font la valeur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude d'un mode de préparation d'alcools primaires acétyléniques vrais.* Note de M. **R. Lespieau**, présentée par M. C. Matignon.

On ne connaît dans la série des alcools primaires acétyléniques vrais, $C^nH^{2n-2}O$, que les deux premiers termes, l'alcool propargylique, découvert par L. Henry en 1872, et le propargylcarbinol, obtenu par Lespieau et Pariselle en 1908. Parmi les méthodes, qui paraissent propres à en fournir d'autres, il y a celle qui utiliserait l'action des iodométhylines des glycols biprimaires sur l'acétylène monosodé, cette action devant donner les éthers méthyliques des alcools envisagés ici. J'ai essayé de voir ce qu'il en était dans un cas particulier, celui où l'on part du glycol triméthylénique, et suis en effet arrivé au troisième terme de la série en question, mais avec un rendement très faible. L'obtention de l'éther méthylique est aisée, mais le passage de ce corps à l'alcool correspondant nécessite plusieurs opérations chimiques très peu rémunératrices.

Un des modes de passage utilise l'attaque par l'acide bromhydrique, et conduit intermédiairement à l'alcool $CH^2 = CBr - CH^2 - CH^2 - CH^2OH$, or, M. R. Paul avait déjà préparé cet alcool par une autre méthode [1], grâce à son obligeance j'ai pu tripler la quantité dont je disposais et arriver avec moins de peine au résultat final. Voici quelques renseignements sur les corps préparés au cours de ce travail :

Alcool $CH \equiv C - (CH^2)^2 - CH^2OH$. Liquide bouillant à 154°-155° sous 766mm. A 22°,5 a pour densité 0,9174 et pour indice 1,445. On y a trouvé pour 100 C 71,50; H 9,38. Il donne avec le nitrate d'argent alcoolique un précipité blanc que l'on peut obtenir en fines aiguilles fondant

---

[1] *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 598.

à 115° au tube capillaire, et explosant instantanément à 200° au bloc Maquenne. Ce précipité renfermait 59,95 pour 100 d'argent et répondait par conséquent à la formule attendue C^5H^7AgO, NO^3Ag.

Cet alcool, enfermé avec de l'isocyanate de phényle en tube scellé, a été maintenu 1 heure à 140° puis laissé à lui-même. Au bout d'une quinzaine de jours le mélange s'est pris en masse; après deux cristallisations, la première par refroidissement d'une solution dans un pétrole bouillant à 80° environ, la seconde par évaporation d'une solution dans l'alcool méthylique, on a eu la phényluréthane fondant à 42°,5-43°,5.

On a aussi fait le dérivé triiodé $CI^2 = CI - (CH^2)^2 - CH^2OH$ de cet alcool et trouvé qu'il fondait à 112°,5-113°,5 après cristallisation par refroidissement de sa solution dans le benzène bouillant. Iode dosé 82,23.

L'éther $CH \equiv C - (CH^2)^2 - CH^2OCH^3$ s'obtient avec un rendement de 70 pour 100 quand on ajoute l'iodométhyline $CH^2I - CH^2 - CH^2OCH^3$ à de l'acétylène monosodé au sein de NH^3 liquide. Il bout à 109°-109°,5 à la pression normale. On lui a trouvé à 19°,5 pour densité 0,844 et pour indice 1,4196. Une cryoscopie acétique lui assigne un poids moléculaire égal à 100. Son pourcentage de carbone était 73,11, d'hydrogène 10,35. Il donne avec le nitrate d'argent alcoolique un précipité C^6H^9AgO, NO^3Ag renfermant 56,95 pour 100 d'argent.

L'éther $CHBr = CBr - (CH^2)^2 - CH^2OCH^3$ se fait en fixant deux atomes de brome sur l'éther acétylénique, mais même à froid et avec un manque d'halogène on obtient beaucoup de produits plus bromés, tandis qu'une portion du corps acétylénique reste inaltérée. Ce dibromure bout à 76°—76°,5 sous 6mm. Il a à 21°,5 pour densité 1,6788 et pour indice 1,5179. On y a trouvé 61,29 pour 100 de brome. Son poids moléculaire par cryoscopie acétique égale 249.

Le bromure $CHBr = CBr - (CH^2)^2 - CH^2Br$ provenant de l'action de l'acide bromhydrique sur l'éther précédent bout à 120°-121° sous 14mm; à 19° sa densité est 2,063, son indice 1,5662; on y a trouvé 77,95 pour 100 de brome.

L'alcool $CHBr = CBr - (CH^2)^2 - CH^2OH$ bout à 127°-128° sous 16mm. Il a à 19°,5 pour densité 1,868 et pour indice 1,5518. On lui a trouvé 65,75 pour 100 de brome et un poids moléculaire cryoscopique égal à 246.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence de quelques impuretés sur la température critique de dissolution du phénol dans l'eau.* Note [1] de M. **Roger Dolique**, présentée par M. M. Delépine.

Au cours d'une recherche sur le domaine d'homogénéité des mélanges eau-glycérine-phénol, j'ai été conduit, la quantité de glycérine s'annulant, à reprendre l'étude du système binaire classique eau-phénol.

De nombreux auteurs [2] se sont occupés déjà de cette question, mais les valeurs proposées pour la température critique de dissolution du phénol dans l'eau varient de 65°,3 à 70°,7, c'est-à-dire dans un intervalle de plus de 5°. On rencontre même dans certains ouvrages la valeur 84° dont je n'ai pu retrouver l'origine faute de référence. A ces divergences sur la température critique, il convient d'ailleurs d'ajouter celles relatives à la concentration critique.

J'ai recherché les causes de ces écarts pour l'abscisse ou pour l'ordonnée du point critique du système eau-phénol.

A priori la variation de la teneur en eau de l'échantillon de phénol étudié n'a pas d'autre effet que de déplacer la courbe de solubilité parallèlement à l'axe des concentrations. Il reste alors deux causes d'erreur à envisager. La première, d'ordre physique, tiendrait à la méthode même de détermination du point de trouble; la seconde, d'ordre chimique, serait attribuable à la présence d'impuretés dans le phénol.

La méthode du tube scellé, imaginée par Alexejeff [3] pour étudier, sans perte de substance, le comportement d'un mélange de corps à des températures supérieures à leur point d'ébullition, conduit à des résultats difficilement comparables, car, le plus souvent, la densité de chargement des tubes n'est pas spécifiée et, lorsque cette indication figure dans dans un Mémoire, on constate qu'elle varie d'un auteur à l'autre. Il s'ensuit, à l'intérieur des tubes, des différences de pressions qui influent considérablement sur l'abscisse, et surtout l'ordonnée, du point critique comme l'a montré Timmermans [4].

---

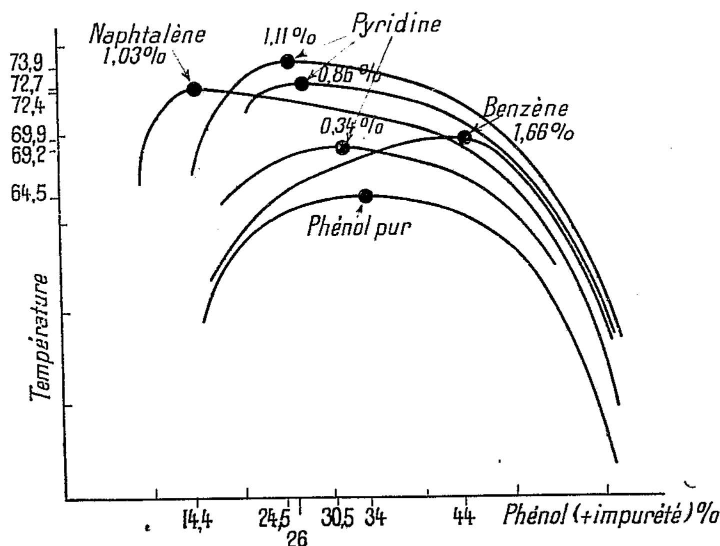
(1) Séance du 11 janvier 1932.

(2) Rothmund, *Z. phys. Chem.*, 26, 1898, p. 433; Hill et Malisoff, *J. Am. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 918 (bibliographie).

(3) Alexejeff, *Wied. Ann.*, 28, 1886, p. 306.

(4) Timmermans, *Z. phys. Chem.*, 58, 1907, p. 129.

C'est pourquoi j'ai adopté pour ces recherches l'emploi d'un tube ouvert, à la pression atmosphérique (dont les variations n'ont aucune influence sur le phénomène). J'ai reconnu qu'il était possible de reproduire les résultats avec une approximation de un ou deux dizièmes de degré au moyen d'un appareil très simple constitué de deux longs tubes à essai emboîtés l'un dans l'autre et plongeant dans un bain à température variable, une hélice de nickel mue verticalement assurant l'agitation.



Avec l'eau seule, la température critique du système eau-phénol est 66°,5 ± 0°,1, et la concentration critique, 34 pour 100 de phénol. Parmi les produits susceptibles d'exister à côté du phénol, j'ai étudié les crésols *o-*, *m-* et *p-*, le benzène, le naphtalène et la pyridine, mais, les trois premiers ayant fait, à mon insu, l'objet de travaux inédits de M. Leroux, cette Note contiendra seulement les résultats relatifs aux trois derniers. Je dois à M. Leroux un bel échantillon de phénol pur (P. F. : 40°,85), préparé d'après sa méthode [1].

L'examen des courbes de solubilité ci-dessus montre que :

a. Relativement au *sens* des écarts :

---

[1] H. Leroux, *Comptes rendus*, 163, 1916, p. 361; *J. Pharmacie et Chimie*, 7e série, 20, 1919, p. 88; *Étude sur le phénol et les crésols*, 47e Congrès de la Société technique de l'industrie du gaz en France, tenu à Paris les 24, 25 et 26 juin 1924.

1° La *température critique* pour les exemples choisis est supérieure à celle du système eau-phénol pur, mais pour la résorcine, la pyrocatéchine et l'hydroquinone, ce serait l'inverse comme l'ont signalé Leone et Angelescu (¹);

2° La *concentration critique* peut correspondre à úne teneur en eau, tantôt plus grande que dans le cas du phénol pur (naphtalène et pyridine), tantôt plus faible (benzène).

b. Relativement à la *grandeur* des écarts :

1° Pour des teneurs en impureté de l'ordre de 1 pour 100, les variations de la température critique (et de la concentration critique) sont très sensiblement proportionnelles ~~à la~~ quantité d'impureté (pyridine);

2° Ces variations, ramenées au cas d'une teneur en impureté égale à *un millième* seulement du poids du phénol, demeurent notables. Elles sont :

	Pour la température critique.	Pour la concentration critique.
	°	°/₀
Benzène	0,204	0,60
Naphtalène	0,57	1,90
Pyridine	0,66	0,85

GÉOLOGIE. — *Sur la formation des travertins et de la tourbe dans la vallée de la Somme*. Note de M. **Houllier**, présentée par M. de Launay.

On observe dans la vallée de la Somme, particulièrement entre Amiens et Abbeville, des éminences allongées, mamelonnées, appelées, dans le pays, *croupes* ou *montinures*, occupant, par rapport au thalweg, des positions diverses (²).

Ces protubérances s'élèvent jusqu'à plus de 5 *mètres* au-dessus du niveau de la rivière; prises d'abord pour des dunes (Fuchs) ou pour d'anciennes chaussées (d'Allonville), elles sont attribuées par tous les géologues modernes (de Mercey, Coquidé, Commont, Briquet, Dubois, etc.) à des tufs calcaires provenant d'eaux de sources coulant en surface. Des systèmes compliqués ont été mis en avant pour expliquer la configuration des croupes.

(¹) Leone et Angelescu, *Gazz. chim. ital.*, 52, (2), 1922, p. 63.

(²) Les croupes ne sont pas spéciales à la Somme; on les rencontre dans de nombreuses vallées du crétacé.

De longues observations nous ont permis de constater : 1° *que les dépôts observés ne sont pas des* TUFS DE SUINTEMENT *mais des* TRAVERTINS; 2° *que les grandes croupes marquent, comme l'avait pressenti Boucher de Perthes, la place* D'ANCIENS LITS DE LA SOMME.

Les croupes sont constituées, en partie seulement, par des blocs calcaires caverneux, concrétionnés ou détritiques (1) et par des poches ou des lits tourmentés de sable coquillier. Des masses imposantes de vase comprimée, de nombreux débris de poteries, des déchets de cuisine, des vestiges de constructions lacustres, etc. montrent qu'on se trouve en présence d'alluvions fluviales; ce que prouve mieux encore la carte que nous avons pu tracer, de laquelle il ressort que les travertins forment, non des dépôts isolés correspondant à des sources ou groupes de sources, mais *des lignes ininterrompues, d'amont en aval.*

Ceci posé, le processus du comblement récent de la vallée peut être reconstitué comme suit

Immédiatement après la dernière phase de recreusement, le lit majeur, déjà trop grand, se trouvait garni de cailloux, graviers et sables, sur lesquels s'était déposée une couche de vase calcaire très fine, blanche ou gris bleu (glaise, glui ou glue des tourbiers).

Bientôt le lit, ou plutôt les lits de la rivière, car il y en avait souvent deux, un sur chaque rive, n'occupèrent plus que le dixième à peine de la largeur de la vallée.

Dans les eaux courantes furent déposés les vases et autres décombres ci-dessus énumérés, cependant que les plantes de rive et de fond, avides d'acide carbonique (parmi lesquelles les typhacées ont joué un rôle particulier), fixaient autour d'elles le carbonate de chaux, par décomposition des bicarbonates en dissolution, et retenaient dans leurs tissus une quantité beaucoup moindre d'autres sels calcaires (2); ces dépôts entraînèrent un

(1) Ces travertins ont une densité de 1,2 à l'état humide et de 0,8 à l'état sec (110°); leur composition est la suivante en pour 100 : carbonate et autres combinaisons de la chaux, 93: siliee libre, 0,5; silicates, 1,5; oxydes de fer et d'alumine, 2; matières organiques, 3.

(2) Les eaux de sources du bassin contiennent environ 285g de sels de chaux et de magnésie par mètre cube ; dans la rivière, à Abbeville (1909-1910), on ne trouve plus que 255g de résidus. En admettant que la différence (30g) soit fixée sur le parcours, la quantité de travertin produite en une année comblerait environ un hectare de la vallée Wurmienne jusqu'au niveau actuel du sol.

exhaussement progressif des fonds de la Somme; en certaines régions (Long, Ailly) la rivière ne quitta pas son lit au cours des siècles; en d'autres (Pont-Remy, Eaucourt. Yzeux) elle divagua d'une rive à l'autre.

Dans les parties de la vallée soustraites à l'action directe des eaux courantes, les plantes aquatiques se développaient avec une très grande rapidité (¹) jusqu'à un niveau de base en relation avec celui de la Somme et, souvent, le dépassant légèrement. Certaines sections, isolées encore par le feutrage épais que produisait la végétation, restèrent pendant plusieurs milliers d'années complètement séparées de la rivière et furent alimentées presque exclusivement par des *eaux pluviales;* les roseaux, les laiches, les mousses, les petits joncs, les prêles, etc., produisirent une tourbe pauvre en sels de chaux (0 à 5 pour 100) et en cendres (5 à 8 pour 100), mais extrêmement riche en carbone et en matières volatiles (80 pour 100); en d'autres points, les eaux de sources, de rivière, etc., pénétrant dans le tapis végétal, provoquèrent la formation d'une *tourbe grise* calcaire; là ou coulaient des sources ferrugineuses se constitua la *tourbe rouge*, renfermant, comme la précédente, 50 pour 100 et plus de cendres.

L'exhaussement du sol de la vallée se poursuivit avec une régularité remarquable jusque vers le début du moyen âge ; à ce moment, le niveau de la Somme était à peu près à 7^{m} au-dessus du niveau actuel; une ou plusieurs crues exceptionnelles se produisirent; en quelques points la rivière, trouvant dans les tourbes meubles voisines un passage plus facile, quitta son lit archiséculaire. Plus tard, les travaux exécutés pour l'amélioration de la navigation, pour la création de moulins, pour le dessèchement, pour l'assainissement, etc. provoquèrent des abaissements successifs, beaucoup plus importants, du plan d'eau ; et l'on sait que la tourbe, comme une éponge immergée, s'abaisse à mesure que descend le niveau ambiant (²).

Il arriva alors que les parties de la vallée composées de tourbe s'affaissèrent davantage que celles contenant des alluvions plus consistantes et,

(¹) La production des plantes aquatiques en matières séchés par hectare et par an est approximativement la suivante : plantes immergées, 4 à 5000^{kg} ; plantes émergées 3000^{kg} ; plantes en partie immergées et en partie émergées 5 à 6000^{kg}.

(²) En amont de la rivière d'Airaines, à la suite de travaux de dessèchement, le niveau du sol s'est abaissé, depuis moins d'un siècle, de $1^{m},50$.

finalement, si paradoxal que cela puisse paraître, que les zones jadis les plus basses devinrent les plus hautes ([1]).

VOLCANOLOGIE. — *Sur l'évolution morphologique du dôme de la Montagne Pelée.* Note de M. **H. Arsandaux.**

La conclusion de ma dernière Communication relative à la Montagne Pelée ([2]) était la suivante :

« En l'état actuel de croissance du nouveau dôme, et de développement de son talus d'éboulis, il se pourrait, dans le cas d'une reprise notable de l'activité du volcan, que le secteur d'action extérieure de celui-ci, resté sensiblement SW-SSW jusqu'ici, se modifie, en corrélation, par exemple, avec une variation de son angle d'ouverture, avec un changement d'orientation de son axe. »

Cette conclusion découlait de l'ensemble des observations effectuées depuis le début de l'éruption de 1929 jusqu'à la fin du mois de mars 1931 ; il y a lieu de la maintenir actuellement.

Les nouvelles observations venant à l'appui de cette assertion constituent en effet une suite, un développement des précédentes ; elles en accusent la portée. Elles sont dues ainsi que de nombreuses photographies venant à l'appui, à M. Revert, ancien sous-directeur de l'Observatoire, qui, avec un entier désintéressement, étudie l'activité de la Montagne Pelée, depuis l'origine du cycle éruptif actuel.

Voici les faits essentiels à retenir de la Note précitée : croissance progressive, bien qu'intermittente, du dôme secondaire, s'accompagnant d'un développement de plus en plus accusé du secteur occupé par le talus d'éboulis de ce dôme, et corrélativement à ces deux faits, tendance au comblement de la profonde *rainure* formée pendant l'éruption de 1902, entre l'ancien dôme qui s'était érigé à cette époque et le vieux cratère de l'Étang sec.

---

(1) *Conclusions secondaires :* (*a*) La formation de la tourbe n'a pas été centripète et n'a guère été influencée, en amont d'Abbeville, par les mouvements généraux du sol ; (*b*) contrairement à une opinion répandue, les précipitations atmosphériques n'ont pas varié considérablement depuis 5000 ans ; (*c*) la navigation était facile à l'époque protohistorique, ce qui explique que des coquillages marins étaient consommés à Amiens à 50^{km} de l'estuaire ; (*d*) les importants camps gaulois de la vallée, aujourd'hui éloignés de la rivière, étaient baignés par elle.

(2) *Sur l'évolution morphologique du dôme de la Montagne Pelée* (*Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1253.

Depuis la fin de mars jusqu'à celle de décembre 1931, l'activité volcanique apparente a continué à présenter un caractère de discontinuité plus ou moins accentué, ses manifestations sous forme de poussées cendreuses diverses, se maintenant subordonnées, en importance, à celles correspondant à cette production de masses d'extrusion qui constitue, depuis longtemps déjà, le mode principal d'émission de la lave du volcan.

Il en est résulté qu'à la fin de 1931, l'altitude du dôme secondaire s'était accrue d'une quarantaine de mètres environ, depuis le mois de mars précédent; dans les derniers mois de la même année, s'était érigée à son sommet, une aiguille terminale d'une cinquantaine de mètres de hauteur, aiguille dont la durée fut éphémère, et dont l'emplacemeut semble avoir été celui même, antérieurement occupé par l'importante formation de même nature, qui fut une des caractéristiques remarquables de la précédente éruption.

Corrélativement à cet accroissement d'altitude du dôme secondaire, la masse de son talus d'éboulis s'était développée considèrablement, et l'angle de son secteur d'emprise sur les flancs de l'aucien dôme de 1902 s'était notablement ouvert; un comblement consécutif et très appréciable de la *rainure* s'était produit.

Du côté de l'Est, l'emprise du talus d'éboulis s'étendait en effet, presque jusqu'à cet emplacement connu sous le nom de Salon des dames, qui correspond assez sensiblement à la partie du bord de l'ancien cratère la plus avancée vers l'Est; du côté Ouest, le talus ayant franchi la grande crête de protection des hautes vallées de la rivière Lamare et de la rivière du Prêcheur, que jalonnent le rocher du Petit Bonhomme et le morne Plumet, son emprise au delà de la crête en question commençait à s'amorcer.

Quant au comblement de la *rainure*, seulement rudimentaire il y a près d'un an, il était devenu très apparent depuis son origine orientale, jusqu'à mi-chemin de cette origine au morne La Croix; il atténuait par suite, à des degrés divers suivant l'endroit considéré, le rôle protecteur de cette rainure vis-à-vis du territoire avoisinant, l'annulant, en particulier, dans sa partie le plus au sud, jusqu'à la crête en demi-cercle qui mène au morne Saint-Martin.

Dans cette dernière section de la *rainure*, le comblement était en effet à peu près totalement réalisé; le 28 décembre 1931, certains éléments des avalanches rocheuses parvenaient jusqu'au bord du vieux cratère, et poursuivaient leur trajectoire sur le flanc de l'ancien volcan, c'est-à-dire dans la région tout à fait supérieure du bassin de la rivière Sèche.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Les déformations transversales dans le relief de l'archipel japonais*. Note [1] de M. **Francis Ruellan**.

Les géologues japonais et occidentaux ont reconnu l'importance des grandes failles transversales qui forment à l'est une limite nette aux hautes montagnes auxquelles on a donné le nom d'Alpes japonaises. A l'est de ce horst, Naumann a supposé l'existence d'une « fossa magna », mais la limite orientale de ce fossé manque de netteté et il s'agit plutôt, à notre avis, d'une grande ligne transversale de dislocation séparant deux groupes de massifs anciens. Celui de l'Est, irrégulièrement disloqué et relativement affaissé, tantôt se rapproche, tantôt s'écarte de celui de l'Ouest qui se dresse au contraire comme une muraille. Sur les lignes de fractures se sont édifiés des appareils volcaniques. Loin d'être une dépression, comme l'expression « fossa magna » pourrait le faire croire, cette région comprend de hautes montagnes, et des bassins intérieurs qui atteignent l'altitude de 800^m. De plus les montagnes formées par des terrains anciens sont régulièrement aplanies au sommet et l'altitude de cette pénéplaine diminue progressivement à l'est et à l'ouest de la grande ligne transversale.

De même, au nord et au sud, de part et d'autre de la grande ligne transversale, le relief sous-marin forme un bourrelet qui continue la tumescence des terres. Dans son ensemble, ce bombement fait songer à un pli à large courbure, fracturé au sommet de la voûte; impression confirmée par une succession de dépressions et de hautes terres alignées parallèlement à la grande ligne transversale au Sud-Ouest et au Nord-Est.

On voit ainsi la surface aplanie des sommets s'abaisser sur l'axe baie de Wakasa, baie d'Isé; affaissement continué au Nord et au Sud par des dépressions sous-marines, puis la pénéplaine remonte dans les massifs de l'alignement Tango-Kii, s'abaisse de nouveau sur la ligne Tottori, détroit de Kii et ainsi de suite, chaque grande baie de la côte Pacifique du Japon du Sud-Ouest marquant la trace d'une dépression transversale. Cette déformation systématique de la pénéplaine fait naturellement penser à un plissement transversal à grand rayon de courbure dont nous avons pu suivre les traces non seulement au Japon, mais en Corée et même dans la Chine du Nord.

---

[1] Séance du 11 janvier 1932.

Les côtes sont affaissées et sont généralement du type à rias suivant les axes synclinaux; elles sont soulevées suivant les axes anticlinaux et, sur les pointes qui séparent les baies sur la côte du Pacifique, l'on observe nettement des terrasses d'abrasion qui marquent les étapes du soulèvement.

Le réseau hydrographique longitudinal a été démembré par le plissement transversal à large courbure, qui a rajeuni l'érosion dans les régions soulevées. Ces mouvements se continuent actuellement comme le montrent les travaux de sismologie japonaise [1].

Des failles et des effondrements ont accompagné ce nouveau plissement d'un vieux bâti construit par des plissements longitudinaux. La zone interne, formée de terrains anciens, avec de grandes intrusions granitiques, est moins plastique que la zone externe; le plissement transversal n'y a pas la même amplitude et les fractures y sont plus nombreuses. A la limite de ces deux zones d'inégale plasticité, la grande ligne de dislocation médiane longitudinale a rejoué. A l'intersection de la dépression longitudinale avec les lignes de fractures transversales se sont produits de nombreux mouvements de blocs faillés; ainsi s'explique l'émiettement du relief dans la dépression longitudinale partiellement occupée par la Mer intérieure.

Sous l'effort de poussée qui a produit le plissement transversal, le Japon du Sud-Ouest paraît s'être écarté de l'Asie; il a subi une déformation longitudinale dont le résultat est une double courbure à grands rayons. Cette double courbure longitudinale semble avoir entraîné d'autres déformations. Le côté convexe étiré s'est abaissé, tandis que le côté concave comprimé s'est relevé; mais, en nême temps ce mouvement a produit un gauchissement relevant le côté convexe et abaissant le côté concave.

Dans un ensemble, l'arc brisé s'est avancé vers le Pacifique; et, entre les deux massifs anciens qni s'écartent comme des lèvres de part et d'autre de la grande ligne transversale, s'est inséré un grand volcan, le Huzi (Fouji), tandis que, sous l'effort de poussée, il se formait un plissement en échelons qui affecte les couches néogènes des régions situées au Nord-Est, à l'Est et au Sud de la grande ligne de dislocation transversale et qui a soulevé au Sud les archipels d'Idu et d'Ogasawara.

De plus, le Japon du Nord-Est a subi une importante déviation.

---

(1) Akitune Imamura, *Topographical changes accompanying earthquakes or volcanic eruptions* (*Publ. Earthquake Invest. Committee in Foreign languages*, 25, Tôkyô, 1930); *On changes of topography both chronic and acute in the Southern part of Sikoku* (*Proceedings Imp. Acad.*, 6, 1930, p. 101-104).

Au Sud, il avance vers le Pacifique, tandis qu'au Nord, par suite des violentes compressions, l'extrémité septentrionale de Honsyû a déboîté vers l'Ouest. L'étirement singulier de la grande presqu'île située au Sud-Ouest de Hokkaido et la disposition homologue des profondeurs sous-marines, l'extrême développement du volcanisme dans cette région paraissent favorables à cette hypothèse qui explique des anomalies de position très importantes. C'est surtout à cause de ces anomalies que les géologues ont nié l'unité de l'ancien plissement longitudinal, et notamment la continuité de la zone externe du Japon du Sud-Ouest dans le Japon du Nord-Est.

Le plissement transversal a d'autre part morcelé au Sud-Onest l'ancienne fosse sous-marine qui courait autrefois tout le long de l'arc japonais, mais, au Nord-Est, le mouvement du Nord-Est de Honsyû vers le Pacifique a amplifié cette fosse jusqu'à plus de 8000^{m} de profondeur, tandis qu'une autre fosse avec des fonds de plus de 9000^{m} se creusait à l'est du bourrelet qui porte les archipels d'Idu et d'Ogasawara. L'intersection de ces deux fosses est au large de la baie de Sagami et là se trouve un point sensible, car la ligne bathymétrique de 1000^{m} va jusqu'au fond de cette baie; c'est sans doute cette disposition qui a causé de grands séismes et particulièrement le terrible tremblement de terre de 1923.

On peut encore se demander si la poussée qui a produit ce plissement transversal n'est pas en rapport avec la formation des Ryû-Kyû dont l'arc s'insère au sud de Kyû-Syû suivant une direction NNE-SSO. Du côté du Pacifique, une fosse qui dépasse 7000^{m} longe les Ryû-Kyû et l'on ne peut admettre que la formation de cet arc qui a causé une déviation des couches primaires, secondaires et tertiaires au NE de Formose, n'ait eu aucun effet sur l'archipel Japonais.

Est-il possible de déterminer la date à laquelle a commencé cette poussée transversale ? Puisque le mouvement affecte l'ensemble des reliefs longitudinaux, il est évidemment postérieur aux plissements qui leur ont donné naissance. On peut affirmer en outre qu'il s'est produit après la formation de la dépression intérieure longitudinale. puisqu'il l'a considérablement modifiée et relevée vers l'Est. Enfin, les dépôts marins du néogène ancien ont été bouleversés et plissés tandis que ceux du néogène récent sont à peine troublés. C'est peut-être entre ces deux étages qu'il faut placer le commencement de notre plissement transversal à grand rayon de courbure qui, d'après l'âge des brèches volcaniques de Syôdozima, dans la Mer intérieure, a produit les bombements maximum au Pléistocène.

Ces conclusions sont tirées d'études morphologiques faites sur place

depuis 1926. Elles doivent subir l'épreuve d'autres études morphologiques, géologiques et sismologiques détaillées sans qu'il nous paraisse toutefois possible d'infirmer désormais l'existence de ce plissement transversal à grand rayon de courbure auquel il est, croyons-nous, légitime d'appliquer le qualificatif « pli de fond », suivant l'expression de M. Argand.

CRYPTOGAMIE. — *Sur la perte de la sexualité par un Champignon.* Note (¹) de M. **Henri Coupin**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

On sait que les Champignons parasites se divisent en deux groupes. Dans l'un, les espèces ne peuvent être cultivées sur d'autres milieux que les êtres vivants qu'elles parasitent; ce sont les *parasites nécessaires*, dans lesquels rentrent, par exemple, les Urédinées. Dans l'autre, les espèces peuvent être cultivées sur différents milieux non vivants, milieux sur lesquels elles poussent à la manière des Champignons saprophytes; ce sont les *parasites facultatifs*, de beaucoup les plus nombreux.

C'est dans cette dernière catégorie que prend place, par exemple, une Mucorinée bien connue, le *Sporodinia grandis* Link, qui vit normalement en parasite sur les Basidiomycètes (vulgairement Champignons à chapeau) et peut être cultivé sans difficulté en culture pure, sur des milieux nutritifs variés, où il donne, à la fois, de très nombreux *sporanges* et de non moins nombreux *œufs* ou *zygospores*, lesquels se produisent par isogamie sur le même thalle, l'espèce étant homothallique. Tantôt les sporangiophores et les zygospores se montrent presque en même temps, tantôt les premiers précèdent ou suivent les seconds, mais on peut dire que, dans les cas habituels, ni les uns ni les autres ne font défaut. Or j'ai eu dernièrement l'occasion de recevoir de Hollande une culture de *Sporodinia* qui ne renfermait que des sporanges et pas la moindre zygospore. Pensant que le milieu gélose au moût, sur lequel ce Champignon était cultivé, était peut-être peu favorable à la formation des zygospores, je l'ai ensemencé sur de nombreux milieux (carotte, pomme de terre, pain, solutions minérales gélosées ou gélatinées, etc.) et j'ai constaté que toujours, quels que soient la température (²) ou l'éclaire-

(¹) Séance du 11 janvier 1932.

(²) En général, on considère que la température la plus favorable à l'apparition des zygospores du *Sporodinia* est d'environ 15-17°, tandis que celles de 18-20° conviennent de préférence à celle des sporanges mais, ainsi que je l'ai constaté, ces chiffres n'ont rien d'absolu.

ment, il n'y avait que des sporangiophores, comme si le Champignon était devenu incapable de former des œufs ou, autrement dit, avait perdu sa sexualité. Recherchant les causes de cette carence et me rappelant mes anciennes observations sur le même sujet, j'ai cru devoir penser à l'attribuer à ce que le *Sporodinia*, quoique parasite facultatif, ne peut tout de même pas vivre normalement d'une existence saprophytique, pendant un temps indéfini. Et, en effet, grâce à l'obligeance de Mlle Johanna Westerdijk, Directrice du *Centralbureau voor Schimmelcultuure* de Baarn (Hollande), j'ai pu savoir que la souche qu'elle m'avait envoyée était cultivée sur le moût gélosé (1) depuis plus de 25 ans, ce qui représente environ 150 piquages qui, si l'on veut éviter la perte de l'espèce, doivent être renouvelés tous les deux mois.

Je crois donc, jusqu'à preuve du contraire, pouvoir attribuer la perte de sexualité du *Sporodinia* à ce fait que, bien que parasite facultatif et pouvant vivre de longues années sur un milieu artificiel, il n'y croît pas d'une façon tout à fait normale, et y perd, peu à peu, la faculté de produire des œufs, donnant seulement, ou un mycélium stérile (2) ou un mycélium pourvu de simples organes de multiplication (spores) non sexuels (3).

MYCOLOGIE. — *L'évolution nucléaire chez le* Pericystis apis *Massen*. Note (4) de M. **Bogdan Varitchak**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Le *Pericystis apis* est un Champignon qui provoque parmi les abeilles une maladie connue sous le nom Chalk brood ou Kalk brut. On a déjà étudié ce Champignon plus d'une fois et c'est surtout grâce au travail de M. P. Claussen (5) que la biologie de cette remarquable espèce est aujourd'hui connue. Quant à l'évolution nucléaire elle n'a pas été étudiée.

---

(1) Ce milieu, d'ailleurs, m'a paru assez peu favorable à la formation des œufs.

(2) En milieu insuffisamment nutritif (gélose au bouillon de pomme de terre) le mycélium en effet, quoique assez abondant, reste exclusivement stérile.

(3) Il serait évidemment intéressant de savoir si la souche dont il s'agit est capable de recouvrer sa faculté de produire des œufs quand on l'ensemence sur des Basidiomycètes vivants; mais, n'habitant pas la campagne, je n'ai pu encore faire de vérifications à ce sujet.

(4) Séance du 11 janvier 1932.

(5) P. Claussen, *Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über den Erreger der als « Kalkbrut » bezeichneten Krankheit der Bienen* (*Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft*, 10, vi, 1921, p. 467-521).

Dans la présente Note nous allons exposer très sommairement les principaux résultats que nous avons obtenus en étudiant cette espèce.

D'après Claussen le *Pericystis apis* est un Champignon hétérothallique qui possède deux sortes de mycélium nettement déterminées au point de vue sexuel ainsi que les spores d'où ils proviennent. Ces spores sont petites, allongées, hyalines, unicellulaires et monoénergides. Entre les mycéliums de sexe différent, on peut remarquer une certaine différence dans leur comportement; le mycélium mâle est cloisonné et polyénergide ainsi que le mycélium femelle.

Ce Champignon possède des gamétanges qui sont polyénergides dès le début et qui se forment quand ces deux sortes de mycélium viennent au contact. Ces organes initiaux ressemblent d'abord à ceux de certaines *Mucorinées* et le gamétange mâle présente le même aspect que le gamétange femelle. Cet état de choses ne dure pas longtemps; le gamétange femelle devient bientôt beaucoup plus grand, sphérique, et il peut être comparé à un œuf composé qui va bientôt être fécondé. On y trouve des gamètes femelles réduits à l'état d'énergides sexuelles. Pendant ce temps, le gamétange mâle forme un tube fécondateur dans lequel s'engage le contenu du gamétange. Le tube fécondateur pénètre dans le gamétange femelle, et après un certain laps du temps, il se produit une ouverture à son sommet, et le contenu se déverse dans le gamétange femelle. Les noyaux mâles se fusionnent avec les noyaux femelles, et bientôt on voit apparaître un certain nombre de noyaux doubles. Ces noyaux sont relativement très gros et allongés d'un côté, en forme de bec; ils ressemblent beaucoup à ceux qu'on trouve chez les espèces du genre *Saprolegnia* dans les oogones au moment de l'oogénèse. Autour de ces noyaux se condense le plasma. On dirait que les œufs s'individualisent seulement après la fécondation. Nous soulignons que tous les gamètes ne sont pas utilisés pendant la formation des noyaux doubles. Les énergides inutilisées dégénèrent et disparaissent progressivement au cours du développement ultérieur sans laisser de traces visibles. Les noyaux doubles entrent immédiatement en division sans traverser une période de repos.

Nous croyons que c'est la première mitose qui est la mitose réductionnelle. Cette première mitose est suivie d'un grand nombre d'autres qui sont accompagnées d'une sorte de clivage du plasma. Le plasma se divise presque immédiatement après la division des noyaux, de telle sorte que chaque noyau avec sa part du plasma est distinct des autres et l'on peut dire que les énergides sont en quelque sorte individualisées, au moins pour un

court moment. A la suite de nombreuses divisions, ce morcellement continue, de telle sorte que finalement on trouve dans les corps fructifères un certain nombre d'agrégations sphériques qui sont composées d'un grand nombre de spores à partir desquelles le cycle ontogénétique peut recommencer.

Quant à la position systématique du *Pericystis apis*, pour le moment nous dirons seulement qu'à notre avis le *Pericystis apis* est un *Siphomycète*, bien qu'il possède un mycélium cloisonné; il nous fait entrevoir l'organisation probable de ces Champignons parmi lesquels il faut chercher l'origine des *Hemiasci* (1) dans le sens où nous les comprenons.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le mannitol, aliment de choix pour le* Sterigmatocystis nigra. Note (2) de M. **Obaton**, présentée par M. Molliard.

Dans nos recherches antérieures nous avons été amené à considérer les relations que l'on peut envisager entre les glucides contenus dans le *Sterigmatocystis nigra* et ceux qu'on lui fournit comme aliment. Nous avons montré que les proportions de tréhalose et de mannitol, qui existent dans le mycélium, varient suivant la source de carbone offerte au champignon. Le mannitol s'accumule toujours au début de la végétation, c'est-à-dire au moment où le liquide nutritif est le plus riche en sucre. Ce phénomène s'observe dans toutes les conditions où nous avons opéré : cultures sur saccharose, sur glucose, sur lévulose, sur mannitol. Mais dans ce dernier cas l'évolution du mycélium est très lente et l'on peut se demander si le mannitol, substance de réserve du champignon, constitue pour lui un bon aliment.

Rappelons brièvement les conditions dans lesquelles nous avons expérimenté antérieurement (3). Le liquide est le milieu Molliard dans lequel on a remplacé les 46,66 pour 1000 de saccharose par 49,65 pour 1000 de mannitol. Les cultures sont effectuées à l'étuve à 34°. La germination se produit au bout de 48 heures, le développement est très lent; le polyol n'est disparu du liquide qu'au bout de 6 jours et la sporulation commence à ce moment. Dans le cas de la végétation sur saccharose la ger-

(1) B. Varitchak, *Contribution à l'étude du développement des Ascomycètes* (*Le Botaniste*, 23e série, 1931, p. 1-182, pl. I-XX).

(2) Séance du 11 janvier 1932.

(3) *Évolution du mannitol chez les végétaux* (*Rev. gén. de Bot.*, 41, 1929, p. 282).

mination est visible au microscope après 13 heures, comme nous l'ont montré des recherches récentes. A 72 heures il n'y a plus de sucre dans le liquide et ce moment coïncide avec le début de la sporulation. Au point de vue du mycélium, dans le premier cas, le maximum de polyol accumulé se trouve à 96 heures et le poids sec le plus élevé est atteint à 120 heures. Dans le second cas, le maximum de polyol contenu dans le champignon se place à 48 heures et le poids sec maximum, moins considérable que le précédent, est réalisé à 72 heures. En résumé sur mannitol les spores germent moins vite et quand les filaments sont formés ils végètent moins activement que sur saccharose. Les mesures de respiration montrent ce phénomène : à 120 heures dans le premier cas le CO^2 dégagé est de $1^g,162$ et dans le second $3^g,939$ à 72 heures.

Dans les expériences qui font l'objet de cette Note nous avons changé le mode opératoire. Considérant, comme nous venons de le voir, que le maximum de polyol accumulé se trouve à 48 heures de végétation sur saccharose, et qu'à partir de ce moment l'alcool polyatomique est utilisé rapidement par le champignon, nous lui avons fourni à ce stade un liquide neuf contenant 49,65 pour 1000 de mannitol, Le milieu au saccharose a été analysé au bout de 48 heures et celui au mannitol après l'arrêt de l'expérience. Dans une première série nous avons fixé le mycélium après 24 heures de végétation supplémentaire sur mannitol et dans une seconde, au bout de 48 heures.

Les résultats obtenus rapportés à un mycélium sont les suivants :

Temps de culture sur { Saccharose...	48 heures.	48 heures.
Temps de culture sur { Mannitol	24 heures.	48 heures.
	g	g
Saccharose fourni................	7	7
Saccharose consommé...........	4,970	5,100
Mannitol fourni................	7,440	7,440
Mannitol consommé............	6,750	7,440
Mannitol élaboré..............	0,616	0,266
Tréhalose élaboré..............	0,220	0,345
Poids sec......................	5,480	3,968

Ce tableau montre que le mannitol est un excellent aliment pour le *Sterigmatocystis*. En effet, considérons le poids sec obtenu au bout de 2 jours de végétation, sur saccharose. D'après le Mémoire cité antérieurement il est de $2^g,079$. Ce même champignon pèse $5^g,48$, après 24 heures de vie supplémentaire sur mannitol. Son poids a donc doublé. Dans le premier cas on trouve $0^g,206$ de mannitol dans le mycélium; dans le second $0^g,616$. La réserve de polyol a donc triplé. Il n'y a que 0,015 de tréhalose dans un champignon cultivé sur saccharose, dans cette expérience l'analyse en donne $0^g,220$. La proportion est 15 fois plus forte. Adressons-nous main-

tenant à la colonne dans laquelle sont consignés les résultats obtenus après 48 heures de culture supplémentaire sur mannitol. Nous observons que le mannitol a diminué et que le tréhalose a augmenté. Ce fait confirme une fois de plus nos remarques à ce sujet. Mais la variation la plus importante est celle qui affecte le poids du mycélium : il est passé de 5^g,48 à 4^g. Ceci prouve l'intensité de la vie de la moisissure sur le milieu au polyol. Entre les deux fixations, séparées par 24 heures, le mannitol a totalement disparu du liquide, des spores se sont formées et l'autolyse s'est faite fortement sentir. En conséquence on peut dire que la végétation est très active : en 48 heures, en choisissant le moment favorable, qui doit correspondre à une particulière richesse en diastases, on peut faire utiliser plus de 7^g de mannitol à un mycélium. On n'aboutit au même résultat que péniblement au bout de 6 jours lorsqu'il est ensemencé sur ce même corps.

Nous conclurons donc en disant que le mannitol est un aliment de choix pour le *Sterigmatocystis nigra* arrivé à un certain stade de son développement.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Action des faibles radioactivités sur la germination des graines.* Note de M. **D. Montet.**

Parmi les auteurs français qui se sont occupés de l'action des éléments radioactifs sur la germination, nous pouvons citer : Petit et Ancelin, Nogier, Matout, Crochetelle, Blot, Vidal ; parmi les étrangers, Stoklasa (de Prague), le docteur Rusby (U. S. A.), Lœw (Japon), plus récemment Mezadrolli et Varetoni en Italie.

La plupart de ces auteurs ont obtenu des résultats peu nets ; seuls les effets de destruction totale, par les fortes activités, de graines en germination sont concluants.

Nous avons repris les expériences avec l'oxyde noir d'uranium *pur* en nous gardant d'employer des activants qui auraient pu contenir des produits nocifs faussant l'expérimentation. L'oxyde d'uranium est pratiquement *insoluble* ; je crois pouvoir alors affirmer avoir enregistré l'action des radiations et non l'action de l'uranium en tant qu'élément chimique.

Toutes les expériences ont été conduites en présence de témoins ; l'oxyde d'urane a été ou *mélangé intimement* au sable du germinateur ou placé dans une capsule située au-dessous d'un germinateur à trous, ou enfin placé sur un disque irradiant par le dessus les graines en germination. Dans ce dernier

cas, on a comparé l'expérience à celle obtenue avec un disque d'oxyde de thorium pur, anhydre, de même activité.

Nous avons constaté un optimum d'activité pour chaque graine, variable avec la grosseur de la graine et la nature de son tégument.

Les graines de faibles dimensions sont plus sensibles que les grosses graines, ce qui semblerait démontrer que l'activant exerce une action de surface.

Les graines à tégument dur, les graines sans réserves, sont très résistantes à l'action de l'activant.

Nous avons constaté de plus un *uraniumtropisme* net des radicelles, que nous avons pu inverser suivant que nous irradions les graines par le dessous ou par le dessus.

C'est ainsi que pour le *Blé*, la dose de $0^g,16$ au kilogramme a été la plus favorable à la germination. Pour les *Balsamines* la dose de $0^g,33$ au kilogramme correspond à l'optimum. La dose de $1^g,7$ au kilogramme a été destructrice pour les balsamines; celle de $3^g,3$ au kilogramme, destructrice pour le blé. Le *Navet marteau* a présenté un optimum de 98 pour 100 en 4 jours à la dose de 3^g au kilogramme; la laitue *Gotte jaune d'or* a eu son optimum pour 4^g (85 pour 100); la laitue *Grosse blonde paresseuse* de 88 pour 100 à la dose de 5^g; le *Radis rond rose à bout blanc* a eu son maximum de 88 pour 100 à la dose de 10^g au kilogramme. A cette dose se présentait un géotropisme caractéristique, positif pour la tige et négatif pour la radicule.

Les mêmes observations ont pu être faites sur la Gotte jaune d'or et la Grosse blonde paresseuse.

Avec l'*Oignon jaune* et l'*Épinard Victoria*, nous avons essayé d'atteindre la dose mortelle. Alors que les témoins nous donnaient respectivement 82 et 80 pour 100, à la dose de 125^g au kilogramme, nous obtenions en 6 jours: 68 et 64 pour 100, et dans le même temps, à la dose de 250^g au kilogramme: 38 et 24 pour 100, avec des tigelles de plus en plus courtes.

Voici un tableau indiquant les optima et les valeurs des témoins pour plusieurs graines.

Pour l'Épinard de Viroflay, au bout de 11 jours, les graines présentaient une longueur moyenne de radicules de $12^{mm},5$ pour le témoin, de $7^{mm},9$ pour un lot irradié avec un disque d'activité 0,28, de $7^{mm},3$ pour un lot irradié avec un disque d'oxyde de thorium d'activité 0,29. La germination d'un lot irradié par une capsule d'oxyde d'urane d'activité 1,33 a été nulle.

	Dose optima au kilog.		Germination témoin.
	g	%	%
Mâche à large feuille	5	86	82 en 11 jours
Pissenlit amélioré	2	88	81 en 9 »
Scorsonère	4	84	80 en 6 »
Poireau long de Mézières	1	95	91 en 8 »
Tomate Pierrette	7	96	90 en 6 »
Radis rond rose à bout blanc	10	88	80 en 6 »
Laitue grosse blonde paresseuse	5	88	82 en 7 »
Navet marteau	3	98	90 en 4 »
Épinard de Viroflay			89 en 14 »
A la dose de 125g d'oxyde d'urane au kilogramme		64	
A la dose de 250g au kilogramme		56	
Sur de l'oxyde d'urane pur		8	
Avec un disque d'oxyde d'urane d'activité 0,28		42	
Avec un disque d'oxyde de thorium d'activité 0,29		32	

Pour ces trois derniers lots, les racines présentaient à leur base un aspect roussi, ce qui prouve que nous étions à la limite de la dose mortelle.

A la dose optima d'activité, le développement plus grand des radicelles les met en contact plus intime avec les particules terreuses mises à leur disposition et permet une plus grande absorption de l'eau et des sels nutritifs : nous avons vérifié cette affirmation sur les plantes développées ; à l'optimum d'irradiation correspondent une forte turgescence des tiges de balsamines, par exemple, un aspect plus verdoyant et une plus grande largeur des feuilles, une résistance à la sécheresse plus grande.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur la fermentation du café.* Note de M. **A. Perrier**, présentée par M. H. Lecomte.

J'ai montré [1] que la séparation de la partie du mésocarpe adhérant aux graines du caféier après l'opération du dépulpage est le résultat de l'action de la pectinase existant dans les fruits mûrs, et que les fermentations secon-

---

[1] A. Perrier, *Recherches sur le rôle de la pectinase dans la fermentation du café* (*Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 547).

daires qui se manifestent durant cette phase de la préparation du café facilitent cette action diastasique en raison de l'élévation de température qu'elles provoquent.

Le rôle de ces fermentations secondaires est-il limité à cette action ou se traduit-il par des modifications plus profondes de la composition de la graine comme dans le cas du cacao; en un mot, ces fermentations secondaires sont-elles nécessaires à l'obtention d'un café de qualité supérieure. La réponse à cette question dont l'importance pratique est considérable exige certaines précautions. L'appréciation des échantillons de café en expérience, comme celle de beaucoup de produits alimentaires, échappe, dans l'état actuel de nos connaissances, aux méthodes d'investigations des laboratoires; elle doit être effectuée par des experts spécialistes qui les examinent au point de vue de leur couleur, de leur odeur, de leur torréfaction et finalement de la qualité de l'infusion préparée avec chacun d'eux.

De plus la fermentation n'est pas le seul facteur qui intervient dans la préparation du café : le séchage des graines, leur teneur en eau, leur homogénéité ont une influence primordiale sur l'aspect, sur la torréfaction, sur la qualité du produit final. Il importe donc que les échantillons que l'on compare soient aussi homogènes que possible, constitués de graines provenant de la même variété, au même état de maturité et soumises rigoureusement au même traitement. Telles sont les principales conditions à réaliser dans une étude précise pour éliminer les influences latérales qui peuvent se superposer et modifier celle que l'on veut étudier.

Satisfaisant ces desiderata j'ai réalisé un certain nombre d'essais pour étudier l'influence de la fermentation sur la qualité du café; je citerai le suivant :

Un lot de cerises mûres appartenant à l'espèce *Coffea arabica* (sorte Café Bourbon) est dépulpé, divisé en plusieurs échantillons : le premier débarrassé mécaniquement de la couche mucilagineuse adhérente n'est soumis à aucune fermentation; le second, pareillement non fermenté, est maintenu 6 heures à la température de 30° C.; les échantillons n°s 3, 4, 5 et 6 sont abandonnés à la fermentation spontanée à 30° C. durant des temps variables. Le tableau suivant résume les résultats obtenus dans cette expérience :

N°.	Durée de la fermentation.	Appréciation des échantillons obtenus ([1]). Couleur.	Odeur.	Torréfaction.	Infusion.
		Non fermentés.			
1.....	–	Vert bleuâtre, bonne	Fine	Bonne	Presque fine
2.....	–	Un peu inférieure à la précédente	Bonne	»	»
		Fermentés après dépulpage.			
3.....	6 heures	Vert bleuâtre, bonne	Fine	Bonne	Presque fine
4.....	16 »	Bonne mais inférieure à la 1re	Un peu acide	»	Mauvaise, acide
5.....	30 »	Défaut de la précédente accentué	Acide	»	»
6.....	54 »	Trop claire. Quelq. graines décolorées	Acre	»	Très mauvaise

De nombreux essais du même genre me permettent de conclure que la fermentation du café n'est pas nécessaire pour donner au produit son caractère *sui generis*; au contraire, trop prolongée elle peut avoir une influence nocive sur la couleur, l'odeur et sur la boisson qui en résulte. La fermentation du café se présente donc sous un aspect tout différent de celui que l'on observe avec le cacao ou le tabac. Pour ces derniers, la haute élévation de température à laquelle sont soumises les graines et les feuilles durant la fermentation est indispensable à leur préparation; pour le café, au contraire, la qualité dépend presque exclusivement de l'état de parfaite maturité de la graine et de son séchage.

AGRONOMIE. — *Sur la présence de sols de steppes bruns dans la plaine de Thessalie.* Note de M. **N. Liatsikas**, présentée par M. H. Douvillé.

Le climat constitue un des facteurs les plus importants pour la formation du type du sol.

En général un climat humide est lié à un développement de forêts et contribue à former des types de sols avec des horizons A, B et C; par contre les régions à climat sec sont caractérisées par des steppes et le type du sol présente un développement des horizons A et C.

(1) Les échantillons ont été classés et appréciés par les experts d'une société bien connue de Santos.

Pour la Grèce nous avons décrit dans une de nos études précédentes (¹) des types de sols forestiers, rencontrés au Péloponèse, Mais jusqu'à présent on n'avait pas certifié en Grèce la présence de sols de steppes. J'ai déterminé des sols pareils, pour la première fois, l'été de l'année passée dans la plaine de Thessalie pendant mon étude pour la rédaction de la carte générale pédologique de la Grèce dont j'étais chargé par le Service géologique de Grèce.

J'ai eu surtout l'occasion d'étudier ce type de sol à l'Ouest de la ville de Larissa. Le sol de cette région forme des collines légères et sa surface présente des couleurs brun, brun châtain, châtain, gris brun, jusqu'à noir châtain. La hauteur de la pluie dans la même région s'élève à 481^{mm} (²) par an et la température moyenne de l'année est 16°C.

Dans plusieurs coupes du sol des terrasses de roches anciennes (*Aeltere Schotterterrassen*) et des marnes néogènes de cette région, j'ai constaté la présence de l'horizon A légèrement humeux, d'une épaisseur de 50-65^{cm} environ, présentant à sa partie inférieure sur une zone de 10-25^{cm} d'épaisseur des taches et des concrétions de $CaCO^3$, qui caractérisent les sols de steppes. L'horizon A repose directement sur la roche mère (horizon C) sans horizon d'enrichissement intermédiaire.

Une coupe du sol à une distance de 2^{km} environ à l'ouest de l'école d'agriculture de Larissa, près de la route de Larrissa-Trikkala, sur une terrasse de débris de roches anciennes, présente l'ordre de formation suivante à partir de la surface vers le bas.

$A_1 = 0$-20^{cm}, sol de couleur brun châtain d'une structure granuleuse (krumelstruktur). Broyé, il forme des boulettes, et comprimé entre les doigts, il se réduit en poussière; il fait en effervescence sous l'action de HCl.

$A_2 = 20$-40^{cm}. — La transition de A_1 à A_2 est insensible. A_2 est un peu plus consistant que A_1. Il est d'une couleur brune et d'une structure granuleuse. Il se broie en boulettes friables. Traité par HCl, il fait une plus vive effervescence.

$A_3 = 40$-65^{cm}. — Couleur brun clair avec des taches et des concrétions abondantes de $CaCO^3$ jusqu'à la grosseur d'une noisette. Vers la profon-

(¹) N. Liatsikas, *Die Azidität in den Waldbodentypen vom Peloponnes* (*Publications du Service géologique de Grèce*, n° 18, Athènes, 1931).

(²) A. Képhalas, *Sur la distribution de la pluie en Thessalie* (*Praktika de l'Akad. d'Athènes*, 2, 1927, p. 179).

deur, les concrétions de $CaCO^3$ diminuent, et l'horizon A_3 repose sur une couche de marne.

C = couche de marne, d'une couleur beige clair et d'une épaisseur de 1^m, reposant sur des débris de pierres.

L'analyse chimique et mécanique (¹) de la coupe du sol en question a donné les résultats ci-dessus, calculés sur la substance après la perte au feu et exempte de la CaO du $CaCo^3$.

	$A_1 = 0^{cm},20$.		$A_2 = 20\text{-}40^{cm}$.		$A_3 = 40\text{-}65^{cm}$.		$C = 65\text{-}85^{cm}$.	
SiO^2	60,64	70,84	58,46	71,19	49,28	70,47	31,32	67,62
Al^2O^3	11,78	13,76	14,09	17,16	12,72	18,18	6,90	14,89
Fe^2O^3	4,26	4,97	4,45	5,42	3,90	5,57	2,78	5,99
FeO	0,58	0,68	0,73	0,89	0,58	0,83	0,44	0,95
TiO^2	0,80	0,94	0,50	0,61	0,40	0,57	0,40	0,86
CaO	6,46	2,14	8,32	1,45	14,40	1,47	29,10	3,43
MgO	2,94	3,44	0,75	0,91	0,40	0,57	1,49	3,21
K^2O	1,08	1,26	1,42	1,72	0,94	1,34	1,06	2,29
Na^2O	1,60	1,87	0,45	0,55	0,64	0,89	0,27	0,58
P^2O^5	0,09	0,10	0,08	0,10	0,07	0,10	0,07	0,17
SO^3	traces	traces	traces	traces	0,01	0,01	0,01	0,01
CO^2	3,65	-	5,60	-	10,50	-	21,60	-
Humus	1,10	-	0,66	-	0,43	-	0,40	-
H^2O	4,92	-	4,46	-	5,53	-	4,30	-
Total	99,90	100,00	99,97	100,00	99,80	100,00	100,14	100,00

Analyse mécanique.

Diamètre des grains (en mm).	Teneur pour 100. A_1.	A_2.	A_3.	C.
2-0,2	16,60	15,45	13,70	15,30
0,2-0,1	8,80	9,80	9,50	9,30
0,1-0,05	12,75	11,15	11,15	11,25
0,05-0,02	15,25	11,50	13,35	11,55
<0,02	46,60	52,10	52,30	52,60
pH	8,05	8,05	8,10	8,20

(¹) L'analyse chimique de tous les échantillous a été faite par le chimiste du service géologique, Th. Mourabas. La détermination de l'humus, du CO^2, ainsi que l'examen mécanique et la détermination sur place de l'acidité du sol (méthode colorimétrique) a été faite par moi.

En suivant le système de classification des sols de Ramann ([1]), ainsi que les opinions de Sigmond ([2]) sur les sols des régions sèches, nous classons les sols décrits ci-dessus parmi les sols de steppe et spécialement dans la variété des sols de steppe bruns à cause de leur couleur, du caractère de leur structure et de la faible teneur en humus.

Les horizons de la coupe du sol, examinés par nous, présentent une contenance en $CaCO^3$ considérablement plus grande que les horizons correspondants des coupes de sols pareils, qui sont mentionnés dans les études d'autres auteurs ([3]).

Cette grande teneur du $CaCO^3$ de la coupe du sol, examinée par nous, est due à la roche mère, qui est une marne calcaire. Les analyses du tableau annexé indiquent clairement la diminution de l'humus et l'augmentation du $CaCO^3$ en profondeur, qui caractérisent les sols de steppes. La petite teneur en SO^3 indique le délavage du gypse vers des niveaux plus profonds et par conséquent des phénomènes intenses de lavage. D'autre part les résultats d'analyse, calculés sur la matière après la perte au feu et exempte de CaO du $CaCO^3$, nous montrent une augmentation des sesquioxydes dans les horizons plus profonds par comparaison avec l'horizon A, ce qui se présente d'après Stebutt ([3]) dans des sols de steppe bruns, surtout dans les variétés des endroits plus humides.

De même les résultats de l'analyse mécanique montrent une migration des particules de diamètre inférieure à $0^{mm},02$ de la surface vers la profondeur.

En raison de la géomorphologie et de la géologie de la Grèce, les sols en question se rencontrent par régions sans former de zones.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la fixation des protéides par le sol.* Note de M. **A. Demolon** et Mlle **J. Brigando**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La terre végétale est apte à fixer les matières protéiques dissoutes mises à son contact. Les observations que nous rapportons ci-après sont relatives au rôle des colloïdes du sol dans ce phénomène.

---

(1) E. Ramann, *Bodenbildung und Bodeneinteilung* (Berlin, 1918).

(2) E. Blanck, *Handbuch der Bodenlehre* (Berlin, 1930); *Böden trockener Gebiete* von A. A. I. von Sigmond, 3, p. 294-310.

(3) K. Glinka, *Die Typen der Bodenbildung* (Berlin, 1914), et A. Stebutt, *Lehrbuch der allgemeinen Bodenkunde* (Berlin, 1930).

Cas des colloïdes humiques. — La matière humique, extraite d'un fumier artificiel et complètement débarassée de bases échangeables, a été utilisée sous forme de suspension stable (1^g par litre; pH $= 3,0$). Elle constitue un colloïde hydrophile de signe négatif. Si à cette suspension on ajoute une quantité variable d'une solution de séroalbumine (2^g par litre), on constate pour de faibles doses (de 8 à 20^g de substance pour 100^g de matière humique) une action sensitisante. La suspension humique primitive parfaitement stable et insensible aux faibles doses d'électrolyte flocule, en effet, lentement si on l'abandonne à elle-même ou instantanément par l'addition d'une trace de chlorure de calcium. D'autre part, le chlorure de potassium, incapable de précipiter les matières humiques non sensitisées, acquiert un pouvoir floculant.

Dans ces conditions expérimentales, on constate que le liquide de centrifugation est complètement débarrassé à la fois de sa matière humique et de son protéide jusqu'à une concentration correspondant à une fixation de 70^g de séroalbumine pour 100^g de matière humique. La concentration du milieu en colloïdes s'est montrée sans influence sur le taux de fixation dans les limites où nous avons opéré (5^g à $0^g,5$ d'acide humique par litre). Au fur et à mesure que la concentration en ions H_+ du milieu diminue, il en est de même du taux de fixation des divers protéides, ce qui permet d'admettre la formation d'une combinaison chimique. Cette dernière ne se dissocie d'ailleurs pas par l'eau distillée, mais l'eau de chaux donne lieu à un déplacement du protéide.

La gélatine se comporte de façon analogue avec un taux de fixation plus élevé (190^g); enfin, le séroglobulinate et la caséinate de sodium donnent lieu également à une fixation dans des conditione de réaction du milieu où l'on n'a aucune précipitation directe.

Nous avons observé le même phénomène avec une matière humique synthétique préparée à partir du saccharose.

Enfin nous avons recherché si cette fixation de la séroalbumine n'était pas de nature à modifier son aptitude à la nitrification. A cet effet, dans un milieu sableux nitrifiant nous avons incorporé séparément :

1° Un complexe humus + séroalbumine, renfermant 30 pour 100 du protéide sanguin et 70 pour 100 d'humus.

2° La même quantité d'humus que dans le complexe.

3° La même quantité de séroalbumine que dans le complexe.

Au bout d'un mois, on a dosé les nitrates formés :

	Azote humique incorporé au milieu en mg.	Azote protéique incorporé au milieu en mg.	Azote nitrique en mg.	Azote humique nitrifié en mg.	Azote protéique nitrifié en mg.
1. Terre témoin.....	–	–	15,95	–	–
2. Terre + humus...	38,38	–	15,65	néant	–
3. Terre + complexe.	38,38	77,9	36,4	–	36,4
4. Terre + albumine.	–	77,9	36,5	–	36,5

On voit que la séroalbumine fixée par les colloïdes humiques a été nitrifiée dans le sol aussi bien qu'à l'état isolé alors que l'azote humique n'a pas été nitrifié. On peut en conclure que la stabilité dans le sol de l'azote humique tient uniquement à sa constitution chimique particulière encore mal connue.

Cas de l'argile colloïdale. — Nous avons observé les mêmes phénomènes pour une suspension d'argile colloïdale extraite de la terre à brique et privée de bases échangeables (conc. 1^g par litre; pH = 2,9). Nous rentrons ici dans le cas plus fréquemment étudié de la sensitisation d'un suspensoïde, qui dans le cas actuel est électro-négatif, par un colloïde hydrophile. L'argile est sensitisée par de faibles doses de séroalbumine (10 à 40^g pour 100 d'argile) alors que de plus grandes quantités exercent une action protectrice. Le taux de fixation défini comme plus haut est d'environ 125^g de séroalbumine pour 100^g d'argile. Au voisinage de pH = 7,0, 100^g d'argile calcique ne fixent plus qu'environ 50^g du protéide.

Les colloïdes argileux et humiques se comportent donc comme des agents actifs d'élimination des protéides. Dans le cas des terres, la fixation est d'un ordre de grandeur très inférieur aux chiffres indiqués plus haut pour les colloïdes proprement dits. La propriété signalée n'en garde pas moins tout son intérêt. Elle intervient notamment dans le pouvoir épurant du sol vis à vis de certaines eaux résiduaires (laiterie, abattoirs, etc.).

BIOLOGIE. — *La migration verticale saisonnière des Mysidacés.* Note de M. **Louis Fage**, présentée par M. Ch. Gravier.

On sait que certains Mysidacés benthiques gagnent, durant la nuit, les couches superficielles de la mer. Nous avons nous-même recueilli, au cours des pêches pélagiques nocturnes effectuées, à la lumière, soit à Banyuls avec Racovitza, soit à Concarneau avec R. Legendre, 11 espèces de Mysidacés appartenant aux sous-familles des *Siriellinæ*, des *Gastrosaccinæ* et des

Mysinæ. Aux adultes des deux sexes qui forment la majorité de nos captures se trouvent mêlés, parfois, de jeunes individus.

Des pêches pélagiques nocturnes, sans lumière, nous ont également procuré les *Siriella armata*, *Clausi*, *jaltensis* et le *Paramysis spiritus*. La présence de ces espèces dans les couches superficielles n'est donc pas due uniquement à la lumière que nous avons couramment employée; mais le nombre relativement faible d'individus ainsi récoltés montre, en accord avec les conclusions de F. S. Russell, que la plupart des Mysidacés restent normalement, même la nuit, un peu au-dessous de la surface. Les rayons lumineux de notre lanterne agissent sur eux pour amplifier leurs déplacements verticaux, les grouper, et rendre possible leur capture au moyen d'un simple haveneau manié du bord de l'embarcation.

Nos pêches de Concarneau, exécutées en séries, au même endroit, dans les mêmes conditions et à tous les mois de l'année, mettent de plus en évidence que ce rythme nycthéméral n'est pas constant et ne se produit avec régularité qu'à certaines époques, variables suivant les espèces.

Le *Siriella armata*, par exemple, n'apparaît la nuit, en surface que de la fin de septembre au début de mars à une époque pendant laquelle les *S. Clausi* et *jaltensis* cessent précisément de se montrer dans le plancton superficiel. Le *Gastrosaccus spinifer* s'y voit dès janvier, mais ne devient abondant qu'en avril et mai, tandis que de juin à décembre il s'y trouve remplacé par le *G. Normani*. Le *Paramysis spiritus* se comporte à peu près comme le *Siriella armata*, étant absent dans le plancton de Concarneau durant toute la saison chaude, alors qu'on le prend par centaines, à cette époque, tout près du fond.

Ainsi, à Concarneau, et au moins pour les espèces énumérées ci-dessus, la migration verticale journalière est sous la dépendance d'un rythme saisonnier. Et nous sommes ainsi conduit à rechercher à quel moment du cycle annuel des individus se place la période durant laquelle s'exécute d'une façon régulière cette migration verticale.

Or, pour les espèces, bien rares il est vrai, dont le cycle annuel a pu être suivi, soit dans la nature, soit en aquarium, on constate que ce cycle annuel comprend une période d'activité sexuelle pendant laquelle la perpétuation de l'espèce est assurée par plusieurs générations de reproducteurs dont les pontes se succèdent presque sans interruption, et une période de repos marquée par l'épuisement et la mort de la plupart des reproducteurs, ceux des dernières générations et les jeunes auxquels ils ont donné naissance subsistent seuls jusqu'au début de la prochaine période de ponte.

En rapprochant les dates de reproduction des différentes espèces et celles de leur capture en surface, la nuit, autour de notre lanterne, nous sommes arrivé à cette conclusion que la migration verticale ne se produit d'une façon régulière que durant le temps de l'activité sexuelle. Et ceci paraît exact non seulement pour les formes littorales, dont nous nous sommes uniquement occupé, mais peut-être aussi pour les formes d'eau plus profonde pour lesquelles une migration verticale saisonnière a été également observée. Tattersall (1908) rapporte que le *Lophogaster typicus* M. Sars qui vit habituellement au-dessous de 300^{m} de profondeur apparaît à la surface au moment de la reproduction. On sait aussi que le *Neomysis americana* a, dans la région de Wood's Hole, une période pélagique limitée de décembre à avril et que ses larves se montrent pour la première fois peu après dans le plancton.

Pour nos formes littorales, il ne semble pas douteux que la période de repos sexuel soit fixée par la température du milieu. Dans le Nord, c'est dès l'automne et pendant tout l'hiver que la ponte des *Praunus*, de *Paramysis spiritus* de *Mesopodopsis Slabberi* est arrêtée; plus au Sud, à Concarneau, des espèces septentrionales comme le *S. armata*, le *Gastrosaccus spinifer*, le *Paramysis spiritus* sont en reproduction durant l'automne et l'hiver, tandis que des espèces plus méridionales, comme les *S. Clausi* et *jaltensis*, le *Gastrosaccus Normani* se reproduisent pendant la saison chaude. En Méditerranée, il semble bien que, sauf pour les espèces septentrionales, la reproduction puisse s'effectuer à peu près toute l'année. Ces variations de l'époque de reproduction avec la latitude, fréquemment observées, sont le signe d'une influence prépondérante de la température sur l'activité sexuelle.

Il faut donc admettre que, si le rythme nycthéméral des Mysidacés est en rapport avec l'activité génitale, celle-ci à son tour est, dans une large mesure, fonction de la température. Il y a lieu de tenir compte de l'interdépendance de ces phénomènes pour toute tentative d'explication des migrations verticales journalières. On connaît en effet d'une part la sensibilité particulière des reproducteurs aux variations des conditions de milieu et d'autre part l'action des changements de température sur le phototropisme qui entre ici évidemment en jeu. L'influence combinée ou alternée de ces deux facteurs est de nature à rendre compte de la présence temporaire, la nuit, dans le plancton, non seulement des adultes, mais des jeunes qui les accompagnent et dont le phototropisme peut se modifier ainsi suivant les saisons.

PHYSICO-CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Remarques sur les courbes de neutralisation des systèmes biologiques et en particulier des sérums.* Note (¹) de Mlle **M. Gex**, présentée par M. A. d'Arsonval.

On sait que la variation du pH d'une solution d'un électrolyte en fonction des quantités q d'acide ou de base ajoutées (courbe de neutralisation, courbe de titration) a l'allure générale d'une courbe en S qui présente un certain nombre de points d'inflexion (aux constantes de dissociation pK, et aussi aux points isoélectriques pHi quand il s'agit d'un ampholyte); la lecture de ces divers accidents est facilitée par la construction de la courbe de coefficient-tampon définie par $t = \frac{\Delta q}{\Delta \mathrm{pH}} \frac{n}{V}$ (²), dans laquelle les différents points d'inflexion se traduisent par des maxima ou des minima. On s'est proposé inversement d'analyser, au moyen de ces courbes, des milieux complexes comme les milieux biologiques. Pour mesurer, à l'abri des altérations, le pH de telles substances, nous possédons depuis quelques années (³), avec l'électrode de Sb montée en différentiel (Vlès, 1927), une technique permettant d'effectuer en absence de courant gazeux, sur une échelle étendue de pH, 15 à 20 déterminations à l'heure. Cette méthode a été dès le début appliquée avec fruit à l'étude d'un grand nombre de systèmes biologiques : sérum, liquide céphalo-rachidien, lait, pain, farine, exsudats et transudats, etc. (⁴).

(¹) Séance du 21 décembre 1931.

(²) Δq, quantité d'acide ou de base de normalité n nécessaire pour produire une variation ΔpH dans un volume V de solution.

(³) F. Vlès et E. Vellinger, *Notes préliminaires sur l'électrode d'antimoine* (*Arch. Phys. biol.*, 6, I, 1927, p. 38); F. Vlès, *Note sur l'électrode d'antimoine Montage pratique en différentiel* (*ibid.*, 6, II, 1927, p. 92); M. Gex, *Revue des techniques de l'électrode d'antimoine en différentiel pour la mesure du* pH (*Arch. Phys. biol.*, 9, nº 2, 1931, p. 110-130).

(⁴) M. Gex, *Les variations du coefficient-tampon des solutions de sérum humain en fonction du* pH (*C. R. Soc. Biol.*, 92, 1927, p. 1564); *Étude de la courbe de neutralisation et du coefficient-tampon de quelques substances alimentaires (pain, farine, lait)* (*C. R. du* VIIIe *Congrès de Chimie industrielle, Chimie et Industrie*, numéro spécial, 1928, p. 698-699); N. Bernstein, *Notes sur les courbes de neutralisation et de coefficient-tampon du liquide céphalo-rachidien* (*Arch. Phys. biol.*, 8, I, 1930, p. 23); Bratasano et Manzini, *Étude du lait de Vache par la méthode des courbes de neutralisation* (*C. R. Soc. Biol.*, 104, CCXV, 1930, p. 83); J. Roche, *Sur*

I. *Caractères généraux des courbes de coefficients-tampons des systèmes biologiques.* — Des données que nous possédons actuellement, il ressort que la plupart des milieux complexes biologiques présentent plusieurs bandes de coefficient-tampon, séparées par des minima, dont le plus important est situé vers le milieu de l'échelle des pH. Certaines de ces bandes, assez généralement représentées, situées à pH6 (2), 6, (6), et dans l'intervalle 8-9,5, ainsi qu'un minimum placé vers pH4 (7), appartiennent vraisemblablement à des constituants généraux des milieux biologiques : outre des protides, les carbonates, les phosphates, divers produits aminés.

Bien qu'ayant les mêmes caractères généraux, les diverses courbes de coefficient-tampon sont, dans leur détail, spécifiques des substances étudiées, et présentent des particularités propres à chaque échantillon. On a été ainsi conduit à penser que l'examen du coefficient-tampon d'un milieu naturel, comme le sérum, pourrait apporter une aide au diagnostic clinique, par exemple.

II. *Courbe de coefficient-tampon des sérums.* — D'après l'ensemble des sérums humains, normaux ou pathologiques, que nous avons eu l'occasion d'examiner depuis quatre ans, les courbes de coefficient-tampon des solutions de ces substances (4 parties de sérum pour 100 parties de solution NaCl 9 °/₀₀) se présentent avec l'allure générale des courbes des protéiques : 2 grandes bandes dans les intervalles de pH 5,5-7,0 et 8,5-9,5, qui encadrent un grand minimum vers pH 7,5-8 [1]. L'analyse détaillée, en particulier de la bande située aux pH bas que l'on connaît avec le plus de précision, nous a permis jusqu'à présent de distinguer un certain nombre de types (*fig.* 1) :

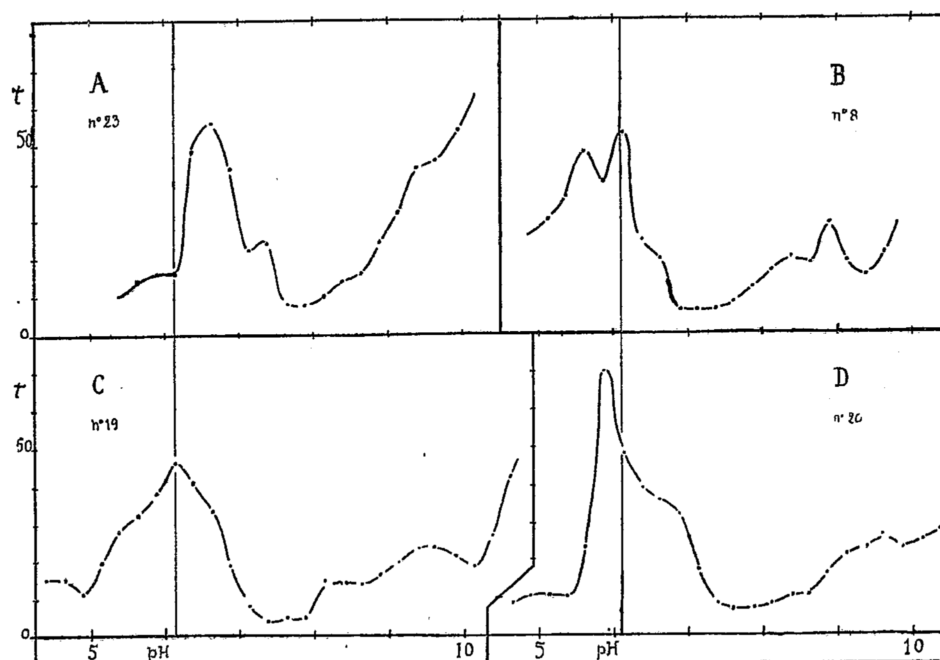
Dans un *premier type* (A), la bande se résout en deux composantes

---

quelques propriétés physico-chimiques de la globine (*Arch. Phys. biol.*, 7, III, 1929); *Recherches sur la globine* (*C. R. Lab. Carlsberg*, 18, IV, 1920); *Recherches sur quelques propriétés physico-chimiques des hémocyanines de Poulpe et de Limule* (*Arch. Phys. biol.*, 7, IV, 1930, p. 207); J. Roche et P. Reiss, *Étude du pouvoir-tampon du corps vitré et des caractères physico-chimiques de ses constituants protéiques* (*C. R. Soc. Biol.*, 103, 1930, p. 1154); Bratasano, *Nouvelles recherches sur les courbes de neutralisation et de pouvoir-tampon du lait de Vache* (*C. R. Soc. biol.*, 104, 1930, p. 1334); *Étude du lait de Femme par la méthode des courbes de neutralisation* (*Ibid.*, p. 1337); A. Gonçalves, *Recherches sur les propriétés physico-chimiques du cristallin* (*Arch. Phys. biol.*, 8, 1, I, 1930, p. 5); Manzini, *Étude de quelques propriétés physico-chimiques des transsudats et exsudats* (*Arch. Phys. Biol.*, 8, III-IV, 1931, p. 164).

[1] Il est intéressant de noter que le pH du sérum étant au voisinage de pH 7, 7,3, le sérum est mieux tamponné du côté acide que du côté alcalin.

principales, la plus élevée à pH 6,4-6,6, la seconde à pH 7 (3); ce type s'est rencontré dans les *sérums normaux* que nous avons examinés; dans un



Exemples des quatre types de sérums d'après leur courbe de coefficient-tampon : n° 23, homme normal; n° 8, tuberculose pulmonaire, homme; n° 19, cancer de la prostate, vieillard; n° 20, albuminurie, femme.

second type (B), la bande est encore souvent nettement bifide, mais les sommets sont décalés à pH 5,(6) et 6,(3), et le rapport de leurs hauteurs est inversé; un *troisième type* (C) montre une bande massive de sommet vers 6,(3), qui ne présente sur ses flancs que des contreforts plus ou moins nets; il semble qu'il puisse être la somme des deux types précédents; enfin il reste un groupe D encore indivis de types aberrants et plus rares, à bande principale étroite, dont le sommet varie entre 5,(5) et 6,(4) d'un sérum à l'autre.

Dans l'état actuel de nos recherches, le *faciès* des courbes conduit donc à une classification qualitative des divers sérums.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la lyse transmissible*. Note de MM. **R. Legroux** et **Kemal Djemil**, présentée par M. E. Roux.

Lors d'expériences sur la lyse transmissible du bacille de la morve ([1]) nous avons déposé quelques gouttes de formol dans le bas d'un tube de culture sur gélose afin de stabiliser l'aspect du développement et l'avons placé à la glacière $+5°$. Après 6 jours, de nombreuses plages de lyse étaient visibles au milieu du revêtement microbien qui n'en présentait pas primitivement. Par un réensemencement abondant nous avons eu la preuve que les bactéries étaient tuées, en même temps nous nous sommes assurés que le principe lytique était toujours actif.

Cependant le formol, dans certaines conditions de température et de concentration, semble détruire le principe lytique : nous imprégnons de bouillon actif filtré un tampon de coton hydrophile stérilisé suspendu au milieu d'un tube stérile dans le fond duquel nous mettons $0^{cm^3},5$ de formol; le tube capuchonné est mis à l'étuve à 37°. Après 48 heures le principe lytique, exprimé du coton, se montre inactif. Semblable expérience est répétée après avoir glycériné à 1 pour 20 le bouillon lytique : dans ces conditions le liquide exprimé est toujours actif. Avec un dispositif analogue où les cotons sont imprégnés d'une émulsion de staphylocoques ou de bacille du côlon, les bactéries sont tuées après 48 heures à 37° que l'émulsion soit glycérinée ou non.

Nous avons alors ajouté à 100^{cm^3} de principe lytique des doses de formol variant de $0^{cm^3},5$ à 5^{cm^3}, comme l'a fait Ramon pour préparer l'anatoxine diphtérique; nous avons vu l'activité du lysat diminuer d'heure en heure à 37°, très rapidement dans les premières heures puis plus lentement jusqu'au huitième jour. Dans les mêmes conditions des bactéries vivantes en suspension dans un liquide formolé à 5 pour 1000 sont tuées, le staphylocoque en 2 heures, les spores de *Bacillus subtilis* en 8 heures à 37°.

Avec J. Genevray nous avons injecté à deux séries de lapins ces filtrats lytiques inactivés par addition de $0^{cm^3},5$ ou 5^{cm^3} pour 1000 de formol, en même temps que des animaux témoins étaient préparés avec du filtrat actif. A la fin de l'immunisation, le sérum des trois séries d'animaux mis en contact, pendant 30 minutes; avec du principe lytique en neutralise complètement l'activité.

([1]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1117.

Le principe lytique formolé est donc devenu anabactériolytique comme la toxine diphtérique formolée devient anatoxine, puisque ces deux préparations conservent le pouvoir d'engendrer *in vivo* leurs anticorps spécifiques.

Le « bactériophage de d'Hérelle » étant un parasite obligé des cellules vivantes ne doit exercer aucune action sur les bactéries tuées. Par une adjonction de formol ($0^{cm^3},75$ pour 1000) aux bouillons de culture de bacille du côlon les bactéries sont tuées après 2 heures à 37°; nous prolongeons ce contact pendant 18 heures pour être assurés de la stérilisation totale. Si l'on ajoute alors du principe lytique le bouillon est clarifié en 16 heures à 37°. Mais dans ce liquide, le pouvoir lytique, loin d'avoir augmenté, semble, au contraire, avoir disparu. Nous avons poursuivi l'expérience en utilisant les corps microbiens tués par le formol, lavés, puis mis en suspension en eau distillée stérile. Dans ce cas le principe lytique ajouté ne semble pas agir sur les bactéries, le liquide reste louche, cependant il contient toujours le principe intact car il suffit d'ajouter du chlorure de sodium à cette suspension pour que la lyse se produise. Le liquide prélevé 15 minutes après l'addition saline montre déjà une diminution de son pouvoir lytique qui disparaît après 2 heures.

Qu'est devenu le principe lytique, est-il détruit après action, est-il transformé en anabactériolytique, ou bien reste-t-il adhérent aux corpuscules bactériens?

Nous avons alors cherché si le principe lytique était adsorbable par des corps solides comme le sont les diastases. M. Schoen nous a préparé, suivant la technique de Willstaetter, un gel d'alumine et une solution de biphosphate de sodium de pH 8,3 et $\frac{M}{40}$. Le principe lytique agité pendant 30 minutes en présence du gel d'alumine s'y fixe, il peut en être séparé par la solution de phosphate de sodium; cette solution devient alors lytique.

A la suite de ces expériences, qui confirment et développent celles d'une précédente Note (1), il semble que le principe de la lyse transmissible, se comportant en des circonstances si diverses comme les diastases connues, comme les toxines les mieux étudiées, doive être rattaché aux ferments solubles.

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 210.

MICROBIOLOGIE. — *Essais de vaccination par voie aérienne (cas du choléra des poules).* Note de M. **A. Trillat**, présentée par M. Roux.

J'ai étudié (¹) le mode de contagion du choléra des poules par voie aérienne. J'ai montré qu'un air remplissant les conditions favorisantes, ensemencé par des doses très faibles de *Pasteurella avicida*, était capable de transmettre la maladie après un temps d'inhalation très court. Je rappellerai aussi que les mêmes expériences ont montré que des souris contaminées pouvaient transmettre la maladie à distance dans les mêmes conditions.

A la suite de ces résultats, je me suis demandé s'il était possible d'obtenir l'immunisation par le même mode opératoire, en employant, au lieu de germes virulents, le vaccin correspondant ou des germes atténués par la chaleur ou le temps.

Divers auteurs ont déjà essayé d'obtenir l'immunisation d'animaux par une pulvérisation abondante de vaccins, de cultures ou de sérums par la voie intratrachéale. On peut citer, à titre d'exemple, les travaux de Nicolle sur le bacille pesteux (¹), de Besredka sur le pneumocoque, de Stillman et de Maeji sur ce même bacille.

Les conditions dans lesquelles je me suis placé sont bien différentes de celles de ces auteurs, qui ont d'ailleurs toujours opéré avec des doses massives de culture. En voici la description.

I. *Immunisation par un vaccin vivant.* — L'atmosphère immunisante renfermée dans un récipient en verre de 40 litres était constituée par de l'air d'un degré hygrométrique de 60° à 80°, à une température de 15° à 25° C., renfermant des traces d'aliments en suspension (condition obtenue par la simple pulvérisation dans l'air du récipient de 1 à 2^{cm^3} du bouillon classique étendu de moitié, ou par de l'air expiré). L'ensemencement était pratiqué en pulvérisant 1/10 de vaccin du choléra des poules, préparé par M. Staub (vaccin n° 2). Après quelques minutes d'attente, les grosses gouttelettes étant tombées et l'air redevenu clair, le lot de souris expérimentées était plongé dans le récipient. La durée d'inhalation a varié de 30 secondes à 10 minutes ; pour certains cas, cette opération était renouvelée à une semaine d'intervalle. Après une période de 10 jours, ces souris étaient ex-

---

(¹) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1598.

posées, en même temps que des souris neuves, à l'action d'un air ensemencé par du choléra virulent capable, comme on l'a vu, d'infecter à coup sûr les souris neuves après une courte période d'inhalation.

La comparaison entre la mortalité des souris immunisées et celle des souris non immunisées permettait de se rendre compte, par le nombre de souris restées vivantes, de la plus ou moins grande réussite de l'expérience.

On répétait encore plusieurs fois le traitement virulent sur les souris restées vivantes, après quoi elles étaient considérées comme immunisées, la durée d'observation étant prolongée pendant environ 2 mois.

Résultats. — Pour des expositions de très faible durée, de 30 secondes par exemple, dans l'air vaccinant, l'immunisation a pu déjà être constatée dans une proportion variant de 10 à 15 pour 100. Pour de plus longues expositions, l'immunisation à varié de 60 à 80 pour 100 dans l'ensemble des expériences qui ont porté sur 120 souris.

Des essais de vaccination par voie aérienne ont également été tentés sur la poule; on a trouvé, après deux expositions successives à l'air vaccinant à cinq jours de distance, que la poule était immunisée, non seulement contre la contagion par inhalation de l'air chargé de choléra virulent, mais aussi contre l'innoculation sous-cutanée et réitérée.

II. *Immunisation par des germes atténués.* — Dans des expériences à part, j'ai observé que quelques souris avaient pu être immunisées par inhalation de cultures de choléra, atténuées par la chaleur ou par exposition prolongée à l'air. Il en a été de même pour un certain nombre de souris ayant échappé à la contagion après une courte période d'inhalation de choléra virulent.

Les essais précédents dont je me propose de faire une mise au point plus rigoureuse et que je répéterai sur d'autres germes permettent de conclure que dans le cas du choléra des poules, lorsque l'air présente les conditions requises, il a été possible d'immuniser par voie aérienne les animaux contre l'infection du choléra des poules, en leur faisant inhaler pendant quelques minutes un air ensemencé par de très faibles doses de vaccin ou par des cultures virulentes atténuées par la chaleur ou le temps.

Ces essais montrent que les microbes respirés ont conservé leur degré de virulence ou d'atténuation, capable de provoquer l'infection ou l'immunisation.

MICROBIOLOGIE. — *Contribution à l'étude numérique de la multiplication microbienne. De l'existence de la phase de latence.* Note (¹) de MM. **Jean Régnier, Robert David** et Mme **Alice Kaplan**, présentée par M. Roux.

En 1927, l'un de nous, étudiant, avec S. Lambin, la multiplication en milieu liquide du bacille pyocyanique, ne put retrouver, dans les premières heures qui suivent l'ensemencement, la phase de latence signalée par tous les auteurs (²).

Comme les techniques utilisées dans ces recherches étaient différentes de celles qu'avaient employées les auteurs étrangers, il importait de reprendre les essais en utilisant les mêmes méthodes que ces derniers.

Dans des tubes de bouillon Liebig, 10 millions de germes visibles (bacille pyocyanique) furent ensemencés par centimètre cube, comme il avait été fait en 1927. Les cultures furent placées à 37°, et des numérations furent faites à intervalles réguliers.

On utilisa : 1° une méthode A, de numération microscopique, donnant le nombre total des bactéries visibles. Cette méthode avait été utilisée par J. Régnier et S. Lambin; 2° une méthode B, de numération des colonies développées sur bouillon gélosé, semblable aux méthodes utilisées par les auteurs étrangers.

Le tableau contient les moyennes des nombres obtenus, leurs logarithmes, le nombre (x) de bipartitions produites pour chaque période de 120 minutes et la durée (y) d'une bipartition, ou temps de génération, pendant chacune de ces périodes.

Les valeurs x et y étaient calculées d'après les formules de Büchner :

$$x = \frac{\log b - \log a}{\log 2}, \qquad y = \frac{120}{x},$$

a et b étant les nombres de bactéries au début et à la fin de chaque période.

Les nombres trouvés dans nos expériences sont imprimés en caractères gras. Les nombres intermédiaires ont été obtenus par interpolation.

(¹) Séance du 11 janvier 1932.

(²) Jean Régnier et Suzanne Lambin, *C. R. Soc. Biol.*, 96, 1927, p. 1358, et *Bull. Sc. Pharm.*, 34, 1927, p. 401.

Heures. Périodes de 120 min.	Nombre de microbes par cm³ (en millions).		Logarithmes des nombres de microbes.		Nombre (x) de générations pendant chaque période de 120 minutes.		Temps de génération (y) pendant chaque période (en minutes).	
	Méthode A.	Méthode B.	Méthode A.	Méthode B.	Méthode A.	Méthode B.	Méthode A.	Méthode B.
0.....	10	2,73	7	6,43	-	-	-	-
2.....	33,7	2,87	7,52	6,45	1,7	0,06	70	2000
4.....	80	32	7,90	7,50	1,3	3,5	92	34
6.....	277	149	8,44	8,17	1,8	2,2	66	54
8.....	1039	402	9,01	8,60	1,9	1,4	63	85
10.....	3000	750	9,47	8,87	1,5	0,9	80	133
12.....	5000	1100	9,69	9,04	0,7	0,6	171	200
14.....	7000	1400	9,84	9,14	0,5	0,3	240	400
16.....	8800	1800	9,94	9,25	0,3	0,3	400	400
18.....	10600	2150	10,02	9,33	0,26	0,26	460	460
20.....	12200	2500	10,08	9,39	0,20	0,20	600	600
22.....	13700	2850	10,13	9,45	0,16	0,20	880	600
24.....	15200	3150	10,18	9,49	0,16	0,13	880	920
26.....	16800	3500	10,22	9,54	0,13	0,16	920	750
28.....	18400	3900	10,26	9,59	0,13	0,16	920	750
30.....	20000	4300	10,30	9,63	0,13	0,13	920	920
32.....	21000	-	10,32	-	0,06	-	2000	-
34.....	21500	-	10,33	-	0,03	-	4000	-
36.....	22000	-	10,34	-	0,03	-	4000	-
38.....	22400	-	10,35	-	0,03	-	4000	-
40.....	22700	-	10,356	-	0,02	-	6000	-
42.....	23100	-	10,363	-	0,02	-	6000	-
44.....	23300	-	10,367	-	0,01	-	12000	-
46.....	23400	-	10,369	-	0,005	-	24000	-
48.....	23400	1430	10,369	-	0	-	∞	-
72.....	18400	-	-	-	-	-	-	-

Les constatations suivantes, entre autres, peuvent être faites :

1° A la même heure, les numérations A donnent des nombres plus élevés que les numérations B. Ceci est naturel puisque par la première méthode nous dénombrons tous les germes visibles (microbes capables de se reproduire dans le milieu liquide; microbes, vraisemblablement plus résistants, capables de donner des colonies après transfert sur milieux solidifiés; microbes incapables de toute reproduction mais encore visibles), alors que par l'autre méthode nous n'atteignons que la deuxième catégorie de ces bactéries;

2° Les nombres maxima trouvés par la méthode A se produisent vers la

quarante-huitième heure, alors que par la méthode B ils se produisent vers la trentième heure;

3° Conformément à ce qui a été trouvé par J. Régnier et S. Lambin, si l'on utilise la méthode A on ne constate pas de phase de latence. La phase de multiplication rapide, et presque régulière (phase logarithmique), commence dès l'ensemencement.

Conformément à ce qu'avaient trouvé les auteurs étrangers, si l'on utilise la méthode B il apparaît, pendant les deux premières heures, une phase de multiplication tout à fait lente (phase de latence). La phase logarithmique ne commence qu'après la deuxième heure.

D'autres expériences, où des nombres faibles de microbes ont été ensemencés, avaient par ailleurs montré que les faits constatés ne dépendent pas du nombre des microbes ensemencés.

Les discordances signalées sont donc bien dues aux différences dans les méthodes de numération employées.

De ces essais, et en examinant seulement ce qui a trait au début de la culture, semblent se dégager les conclusions suivantes : les microbes, placés dans un milieu nutritif liquide, à une température favorable, commencent à se multiplier aussitôt. Les bactéries formées à ce moment, capables de proliférer dans le milieu liquide où elles ont pris naissance, sont pourtant incapables de se reproduire quand on les transporte sur des milieux solidifiés où les conditions de vie semblent plus difficiles. Une phase de latence apparaît donc quand on suit la multiplication microbienne par numération des colonies sur milieux solidifiés. En fait, si l'on considère l'ensemble des microbes cette phase de latence n'existe pas.

THÉRAPEUTIQUE. — *Propriétés thérapeutiques de l'indium dans les trypanosomiases et la syphilis expérimentale.* Note [1] de MM. **C. Levaditi, J. Bardet, A. Tchakirian** et **A. Vaisman**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons étudié l'action préventive et curative du tartrate d'indium dans les trypanosomiases, la fièvre récurrente (*Spirochæta duttoni*), la spirillose des poules (*Spirochæta gallinarum*) et la syphilis expérimentale du lapin (souche Truffi). La solution de tartrate de In utilisée dans nos expériences renferme 0,0157 In par centimètre cube. La dose tolérée pour une

[1] Séance du 11 janvier 1932.

souris de 20g est de 0g,0015 In, en injection sous-cutanée. L'indium est donc environ dix fois plus toxique que le gallium. Cette différence de toxicité se manifeste également *in vitro*, à l'égard des trypanosomes et des spirilles.

I. *Tryp. evansi : a. Action préventive* (inoculation simultanée de trypanosomes et de tartrate d'indium). — Dose : 0g,0015. Les souris 254 et 189 restent à l'abri de l'infection pendant 15 à 16 jours. Le sang et la rate de la souris 189 sont inoculés à des souris neuves, lesquelles ne contractent pas la trypanosomiase (stérilisation complète). Même effet avec les doses inférieures de 0g,001 et 0g,0005 In.

b. Action curative. — Le médicament est administré 24 à 48 heures après l'inoculation des trypanosomes, alors que le sang renferme d'assez nombreux parasites. Chez la souris 232 (dose : 0g,0015), ceux-ci disparaissent de la circulation générale 48 heures après le traitement. Absence de récidive pendant 16 jours. Le sang et les organes de la souris 192, traitée de la même manière (0g,001), ont été inoculés à des souris neuves, qui ne se sont pas contaminées (stérilisation totale). Avec la dose de 0g,0005 il y a récidive, suivie d'une stérilisation complète, vérifiée par l'inoculation du sang et des organes.

II. *Trypanosoma brucei*, *Spirochæta duttoni*, *Spirochæta gallinarum*. Aucune action, ni préventive, ni curative.

III. *Syphilis expérimentale* (virus Truffi). L'effet thérapeutique est manifeste, mais inconstant. Ainsi chez le lapin 618M, porteur d'un volumineux chancre scrotal riche en tréponèmes, et qui avait reçu 0g,00075 In par kilogramme et par voie intramusculaire, les spirochètes ont disparu le troisième jour et la lésion a diminué progressivement de volume, pour se résorber vers le dix-huitième jour. Par contre, aucune action curative n'a été observée chez un autre lapin 782M, traité dans les mêmes conditions que le précédent. Enfin, chez les animaux infectés avec le *Spirochæta cuniculi*, nous n'avons enregistré qu'un effet thérapeutique éphémère [1].

Conclusion. — Il résulte de ces expériences que *l'indium, au même titre que le gallium* [2], *doit être compris parmi les éléments thérapeutiquement actifs dans certaines trypanosomiases et la syphilis expérimentale. Son acti-*

---

[1] Nous avons étudié également le *benzoate d'indium*, sel insoluble contenant 32 pour 100 d'In^2O^3. A la dose de 0g,01, par souris de 20g, ce sel exerce une action préventive indubitable dans l'infection provoquée par le *Tryp. evansi*.

[2] Levaditi, Bardet, Tchakirian et Vaisman, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1142.

vité préventive et curative est satisfaisante dans l'infection produite chez la souris par le Trypanosoma evansi, *mais elle est inconstante dans la tréponémose du lapin* (Treponema pallidum).

La séance est levée à 15h45m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 26 octobre 1931.)

Note de M. *A. Danjon*, Étude photométrique et colorimétrique de l'éclipse totale de Lune du 26 septembre 1931 :

Pages 716-718. Les distances au centre du cône d'ombre doivent être exprimées en minutes d'arc (comme dans le tableau), et non en degrés.

(Séance du 4 janvier 1932.)

Note de M. *Paul Gaubert*, Cristaux produits par solidification d'une substance fondue contenant en dissolution des matières colorantes :

Page 111, ligne 6 (tableau), *au lieu de* $\nu'(\beta)$, *lire* $\nu'(\gamma)$.

(Séance du 11 janvier 1932.)

Note de MM. *Marcel Godchot*, *Étienne Canals* et Mlle *Germaine Cauquil*, Sur le spectre Raman de quelques carbures cyclohexaniques :

Page 177, ligne 7, *ajouter* 1455 au-dessous de 1457; ligne 8, après cyclohexane, *au lieu de* (2), *lire* (1); ligne 9, après hexane, *au lieu de* (3), *lire* (2).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances du mois de décembre 1931.

Teorie moderne su l'origine e su la struttura dei cicloni, par Cesare Fabris. Pisa, R. Scuala di Ingegneria, 1931; 1 vol. 24cm,5. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Traité de télémétrie, par P. Mazuir. Paris, Editions de la *Revue d'optique théorique et instrumentale*, 1931; 1 vol. 24cm,5.

Précis de Zoologie. Tome II : *Caractères fondamentaux des Cœlomates. Les vers y compris les Molluscoïdes, les Entéropneustes et les Échinodermes; Abrégé de la classification zoologique*, par Aug. Lameere. Paris Gaston Doin et Cie, 1931; 2 vol. 26cm.

Faraday and His Metallurgical Researches, par Robert A. Hadfield. London, Chapman et Hall Ltd, 1931; 1 vol. 25cm,5.

La navigation intérieure de la Haute Italie. XVe Congrès international de Navigation. Venise, Septembre 1931. Roma, Proweditorato Generale dello Stato Libreria, 1931; 1 vol. 32cm.

Les marbres du calcaire carbonifère en Bas-Boulonnais, par Henry Derville. Strasbourg, Imprimerie O. Bœhm, 1931; 1 vol. 28cm,5. (Présenté par M. Lucien Cayeux.)

Observatoire d'Abbadia. Quatrième Catalogue comprenant 1272 *étoiles dont* 662 *fondamentales de* + 45° *à* — 26° *obvervées en* 1926, 1927. *Réduites à* 1925, *O.* Hendaye, Imprimerie de l'Observatoire d'Abbadia, 1931; 1 fasc. 32cm.

Flore complète de France, Suisse et Belgique, par Gaston Bonnier. Tome XI, par Robert Douin. Paris, Librairie générale de l'Enseignement E. Orlhac, s. d.; 1 vol. 32cm,5. (Présenté par M. Molliard.)

Biologie de l'invention, par Charles Nicolle. Paris, Librairie Félix Alcan, 1932; 1 vol. 18cm,7.

Bulletin de l'Institut et Observatoire de physique du globe du Puy-de-Dôme :

— *Action de la foudre sur les arbres et les végétaux*, par E. Mathias;

— *Archives de la pluie du Puy-de-Dôme*, par E. Mathias et P. Benac;

— *Sur l'utilité des Archives de la pluie du Puy-de-Dôme*, par E. Mathias. Paris, les Presses universitaires de France, 1931; 3 fasc. 25cm, 5.

— *Travaux cryptogamiques dédiés à Louis Mangin.* Paris, Laboratoire de cryptogamie au Muséum national d'histoire naturelle, 1931; 1 vol. 28cm.

— *Carbonisation et économie de calories*, par Georges Kimpflin. Extrait des *Comptes rendus du Xe Congrès de Chimie industrielle.* Paris, *Chimie et Industrie*, 1931; 1 fasc. 27cm. (Présenté par M. Matignon.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 JANVIER 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. CHARLES RICHET fait don à l'Académie, pour ses Archives, de quelques autographes venant de son arrière-grand-père *P.-S. Girard*, membre de l'Académie des Sciences de 1815 à 1836, et de son arrière-grand-père *A.-A. Renouard*, bibliophile et éditeur. Parmi ces autographes il y a une lettre de LAVOISIER, d'autres lettres de LAZARE CARNOT, FOURCROY, LATREILLE, RENÉ DESGENETTES, etc.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'équation obtenue en égalant à zéro la distance de deux planètes qui ne se rencontrent pas en des points réels.* Note de M. **MAURICE HAMY**.

L'équation obtenue en égalant à zéro l'expression du carré de la distance de deux planètes P, P_1 qui ne se rencontrent pas en des points réels, est la suivante, en posant $z = E^{iu}$ (u anomalie excentrique de P),

$$e^2 z^4 + (A + B_i) z^3 + C z^2 + (A - B_i) z + e^2 = 0,$$

A, B, C étant des paramètres dont les expressions ont été données antérieurement (¹). Les racines de cette équation sont de la forme

$$\rho E^{-i\lambda}, \quad \frac{1}{\rho} E^{-i\lambda}, \quad \rho_1 E^{i\lambda}, \quad \frac{1}{\rho_1} E^{i\lambda}.$$

(¹) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1357; et 194, 1932, p. 146.

Supposant $\rho > \rho_1$ et faisant

$$y_1 = \cos 2\lambda, \qquad y_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{\rho}{\rho_1} + \frac{\rho_1}{\rho}\right), \qquad y_3 = \frac{1}{2}\left(\rho\rho_1 + \frac{1}{\rho\rho_1}\right),$$
$$-1 < y_1 < 1 < y_2 < y_3,$$

les y sont les trois racines réelles de l'équation

$$4e^4 Y^3 - 2Ce^2 Y^2 + (A^2 + B^2 - 4e^4) Y + 2Ce^2 + B^2 - A^2 = 0.$$

Dans deux Communications précédentes *loc. cit.*, j'ai établi que le plus grand module ρ des racines, en faisant $e = \sin\psi$, est toujours supérieur à $\cot\frac{\psi}{2}$, quand l'inclinaison I des orbites n'est pas nulle, ce que je supposerai dans ce qui va suivre. Le seul cas, d'ailleurs purement théorique, d'exception correspond à l'hypothèse où le grand axe de la planète P (dont u est l'anomalie excentrique) est confondu avec la ligne d'intersection des plans des orbites, circonstance jamais exactement réalisée pratiquement. Encore est-il nécessaire que le second foyer de l'orbite de la planète P, prise comme planète extérieure, soit extérieur à l'orbite de P_1, circonstance qui se présente rarement dans les problèmes de perturbations où intervient l'équation dont nous nous occupons.

Les propriétés dont je vais parler ici se rapportent à ρ_1 et λ.

Je rappellerai tout d'abord que le produit $\rho\rho_1$ est toujours supérieur à $\cot^2\frac{\psi}{2}$, sauf lorsque la planète P_1 passe par l'intersection des plans des orbites, cas où $\rho\rho_1 = \cot^2\frac{\psi}{2}$.

L'équation en Y a une racine égale à 1, lorsque $B = 0$. Il arrive alors soit que $y_1 = \cos 2\lambda = 1$, soit que $y_2 = 1$.

1° $y_1 = \cos 2\lambda = 1$. — Si $A < 0$, $\lambda = 0$; si $A > 0$, $\lambda = \pi$ [*loc. cit.*, 1°, form. (2) et (3)].

En vue d'éclaircir ce qui va suivre, je désignerai par Q le plan perpendiculaire à l'orbite de P, passant par son grand axe, et par Q' le plan perpendiculaire à ce grand axe, mené par le centre. A est négatif si la planète P_1 est du même côté de Q' que le périhélie de P; A est positif, au contraire, si P_1 est du même côté de Q' que l'aphélie de P.

L'équation $B = 0$ donne la relation

$$\operatorname{tang}\varpi = \operatorname{tang}(\varpi_1 + w_1)\cos I,$$

formule des triangles sphériques rectangles, exprimant que la planète P_1

traverse le plan Q. On a alors [*loc. cit.*, 1°, form. (2)]

$$\sin(\varpi_1+w_1)=\frac{\sin\varpi}{\pm\sqrt{1-\cos^2\varpi\sin^2 I}},\qquad \cos(w_1+\varpi_1)=\frac{\cos\varpi\cos I}{\pm\sqrt{1-\cos^2\varpi\sin^2 I}},$$

$$A=-4\left[e+\frac{r_1}{a}\,\frac{\cos I}{\pm\sqrt{1-\cos^2\varpi\sin^2 I}}\right],$$

$$C=4\left[\left(\frac{r_1}{a}\right)^2+1+\frac{e^2}{2}+2e\frac{r_1}{a}\,\frac{\cos I}{\pm\sqrt{1-\cos^2\varpi\sin^2 I}}\right].$$

La valeur de r_1 s'obtient d'ailleurs, en tenant compte des formules ci-dessus, dans l'équation de l'orbite de P_1.

Débarrassée de la racine 1, l'équation en Y devient

$$4e^4Y^2-2e^2(C-2e^2)Y+A^2-2Ce^2=0;$$

elle a pour racines y_3 et y_2. Son premier membre doit, en conséquence, être positif, en faisant la substitution $Y=1$, ce qui donne

$$\frac{4r_1}{a}\left[\frac{r_1}{a}\left(\frac{\cos^2 I}{1-\cos^2\varpi\sin^2 I}-e^2\right)+2e(1-e^2)\frac{\cos I}{\pm\sqrt{1-\cos^2\varpi\sin^2 I}}\right]>0.$$

Comme $\cos I > e^2$, pour toutes les planètes (sauf une ou deux), cette inégalité est vérifiée identiquement, en prenant le signe + du radical, et alors $A<0$; par suite $\lambda=0$.

En prenant le signe — devant le radical, l'inégalité est vérifiée si

$$\frac{r_1}{a}>\frac{2e(1-e^2)\cos I\sqrt{1-\cos^2\varpi\sin^2 I}}{\cos^2 I-e^2(1-\cos^2\varpi\sin^2 I)}$$

$$\left(\text{plus grande valeur : }\frac{2e(1-e^2)\cos I}{\cos^2 I-e^2};\quad \text{plus petite valeur : }2e\right).$$

C'est ce qui se produit, en général, dans la pratique. On constate d'ailleurs facilement que l'on a alors $A>0$: par conséquent $\lambda=\pi$. S'il y a exception, λ ne peut devenir égal à π, et c'est alors la racine y_2 et non y_1 qui devient égale à 1, quand on prend le signe — devant le radical.

Il est très important de savoir ce que devient ρ_1, dans les circonstances qui viennent d'être étudiées. Pour s'en rendre compte, il convient de former l'équation en X donnant $\rho+\frac{1}{\rho}$ et $\rho_1+\frac{1}{\rho_1}$. Or on a [*loc. cit.*, 1°, form. (3)]

$$\rho+\frac{1}{\rho}+\rho_1+\frac{1}{\rho_1}=-\frac{A}{e^2}\qquad (A<0 \text{ si } \lambda=0,\ A>0 \text{ si } \lambda=\pi),$$

$$\left(\rho+\frac{1}{\rho}\right)\left(\rho_1+\frac{1}{\rho_1}\right)=\frac{C}{e^2}-2.$$

Par suite

$$X^2 + \frac{A}{e^2}X + \frac{C - 2e^2}{e^2} = 0.$$

Comme $\rho > \cot\frac{\psi}{2}$, la plus grande racine est supérieure à $\frac{2}{e}$. Si donc $\rho_1 > \cot\frac{\psi}{2}$, le premier membre de l'équation doit être positif, en y substituant $X = \frac{2}{e}$, et négatif si $\rho_1 < \cot\frac{\psi}{2}$. Le résultat de cette substitution est

$$4\frac{r_1}{a}\left[e\frac{r_1}{a} - \frac{2(1+e^2)\cos i}{\pm\sqrt{1-\cos\varpi\sin^2 i}}\right].$$

En prenant le signe — devant le radical, l'expression est positive et $A > 0$, tout au moins pratiquement, en général, car ordinairement

$$\frac{r_1}{a} > e\frac{\sqrt{1-\cos^2\varpi\sin^2 i}}{\cos i} \qquad \left(\text{plus grande valeur } \frac{e}{\cos i}\right).$$

ρ_1 est alors plus grand que $\cot\frac{\psi}{2}$ et $\lambda = \pi$. La planète P_1 est située du côté de l'aphélie de P, par rapport au plan Q'.

Si l'on prend le signe + devant le radical, la planète P étant la planète extérieure, on a $r_1 < a(1+e)$ et il s'ensuit que l'expression ci-dessus est négative. En conséquence ρ_1 est inférieur à $\cot\frac{\psi}{2}$, et comme $A < 0$, $\lambda = 0$.

Le point important de cette discussion est que ρ_1 est inférieur à $\cot\frac{\psi}{2}$, sans qu'il puisse y avoir égalité, lorsque $\lambda = 0$.

2° Considérons maintenant l'hypothèse où y_1 étant plus petit que 1, c'est y_2 qui prend cette valeur.

Supprimant la racine $Y = 1$, on obtient naturellement la même équation du second degré que tout à l'heure.

Mais maintenant cette équation possède une racine inférieure à 1 et une racine plus grande que 1. En y substituant $Y = 1$, on doit obtenir un résultat négatif; c'est-à-dire que les inégalités rencontrées ci-dessus sont renversées. Comme elles étaient vérifiées dans le premier cas, sauf exception d'intérêt surtout théorique, on peut dire que pratiquement ρ_1 reste en général inférieur à ρ. Il y a exception lorsque λ ne peut prendre la valeur π; ρ_1 devient alors égal à ρ et par suite supérieur à $\cot\frac{\psi}{2}$, pour des valeurs de λ qui ne sont pas nulles.

Dans ce qui précède, on a vu que, pour $\lambda = 0$, $\rho_1 < \cot\frac{\psi}{2}$ et, si λ devient

égal à π, $\rho_1 > \cot\frac{\psi}{2}$. En conséquence, la racine ρ_1 traverse alors la circonférence $|z| = \cot\frac{\psi}{2}$, pour λ supérieur à zéro, sans qu'il y ait accidentellement égalité. La question de savoir à quelle valeur de λ correspond $\rho_1 = \cot\frac{\psi}{2}$ peut être étudiée comme on va l'indiquer. En éliminant (*loc. cit.*, 1°) λ entre les deux premières formules (3), remplaçant ensuite, dans le résultat, $\rho + \frac{1}{\rho}$ par sa valeur tirée de la troisième, on arrive à la relation suivante, où $x = \rho_1 + \frac{1}{\rho_1}$, $u = 2e^2\cos 2\lambda$, A, B, C ayant maintenant leurs expressions générales (2) (*loc. cit.*, 1°),

$$\frac{A^2x^2}{[C+u+e^2x^2]^2} + \frac{B^2x^2}{[C.u-e^2x^2]^2} - 1 = 0,$$

équation liant ρ_1 à λ, facile à traiter numériquement, en fixant la position de la planète P_1 sur son orbite. La dérivée du premier membre, par rapport à u, possède, en effet, la racine réelle unique

$$u = \frac{C - e^2x^2 + (C + e^2x^2)\left(\frac{B}{A}\right)^{\frac{2}{3}}}{1 + \left(\frac{B}{A}\right)^{\frac{2}{3}}}.$$

En particulier, pour $\rho_1 = \cot\frac{\psi}{2}$, $x = \frac{2}{e}$. Si l'équation a une racine réelle en λ, $\rho_1 E^{i\lambda}$ prend la valeur $\cot\frac{\psi}{2}E^{i\lambda}$. Si λ est imaginaire, ρ_1 est inférieur ou dépasse $\cot\frac{\psi}{2}$, la distinction dépendant des signes du premier membre, dans les intervalles de continuité.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sensibilité du porc aux souches africaines de* Spirochæta hispanicum. Note de MM. **Charles Nicolle** et **Charles Anderson**.

On sait le rôle que le porc joue, en Espagne, dans la pullulation d'*Ornithodorus erraticus*, acarien transmetteur du spirochète de la fièvre récurrente hispano-africaine, et, l'on comprend, par là même, son rôle dans la conservation naturelle de ce spirochète (*Sp. hispanicum*). La plupart des cas

de la maladie ont été constatés, dans la péninsule ibérique, sur le personnel ou au voisinage de porcheries.

Or, ni Sadi de Buen auquel est due la découverte de cette variété de récurrente et de son spirochète, ni son collaborateur Ortega, ni nous-mêmes ne sommes parvenus à infecter le porc avec la couche espagnole de *Sp. hispanicum*. Dans une Note présentée ici même ([1]), nous soulignions le caractère étrange de cette maladie, liée à un être vivant qui n'y participe pas, alors que, dans tous les cas analogues, l'animal utile à la conservation de l'agent de transmission du virus constitue, en même temps, le réservoir, au moins ordinaire, de ce virus.

Depuis lors on a constaté le même fait dans une autre affection humaine, la fièvre boutonneuse. La tique qui la transmet est un parasite commun du chien, et, cependant, le chien n'offre aucune sensibilité vis-à-vis du virus qu'il nous apporte par son contact.

Cette tique se rencontre, il est vrai, sur d'autres animaux que le chien. *Ornithodorus erraticus*, aussi, pullule en dehors du porc. Nous avions avancé que le virus, que ce dernier acarien convoie, a son réservoir dans les petits rongeurs sauvages. P. Delanoë l'a découvert chez eux et dans d'autres espèces animales. Les travaux de G. Blanc, en montrant la sensibilité du spermophile de Macédoine au virus boutonneux, permettent de supposer que le réservoir naturel de ce virus doit être cherché, lui aussi, chez les petits rongeurs.

D'autre part, sur deux essais d'infection du porc qu'ils ont tentés avec notre souche marocaine de *Sp. hispanicum* (des ornithodores de Mansourah), Vélu, Balozet et Zottner ([2]) ont obtenu, dans un cas, une infection sans symptômes et sans présence visible de spirochètes, mais prouvée par la virulence du sang pour le cobaye le 14ᵉ jour de l'inoculation et par celle du cerveau le 75ᵉ jour.

Nous avons tenté tout récemment l'infection de porcelets de quelques jours avec trois virus récurrents ([3]), isolés chez des malades tunisiens

---

([1]) Ch. Nicolle et Ch. Anderson, *Sur la résistance du porc au virus de la fièvre récurrente espagnole et sur les conditions d'existence de cette maladie et d'autres spirochétoses* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1305).

([2]) H. Vélu, L. Balozet et G. Zottner, *Contribution à l'étude de* Spirochæta hispanicum (var. marocanum) (*Archives Institut Pasteur Tunis*, 20, 1931, p. 21).

([3]) C. Nicolle, Ch. Anderson et J. Laigret, *Étude des spirochètes isolés des trois premiers cas de fièvre récurrente hispano-africaine, rencontrés en Tunisie* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1370).

(virus Z de Sidi Salem, B de Ferryville, R de Tunis). Ces trois souches appartiennent au groupe de *Sp. hispanicum.*

Porcelet Z. — Inoculé le 8 décembre avec le virus Z sous la peau. Aucune fièvre, aucun symptôme. Aucun spirochéte visible dans le sang, examiné à l'ultra-microscope pendant 32 jours. Un cobaye, inoculé sous la peau, le 10[e] jour de l'inoculation du porc, s'est infecté (incubation 7 jours, 2 accès).

Porcelet B. — Inoculé le 7 décembre de même manière avec le virus F. Même temps d'observation; mêmes résultats négatifs chez le porc. Deux cobayes, inoculés avec le sang le douzième jour, se sont infectés (incubation 7 et 10 jours, deux accès).

Porcelet R. — Mêmes conditions que le précédent, virus R. Même temps d'observation; mêmes résultats négatifs chez le porc. Deux cobayes, inoculés avec le sang le onzième jour, se sont infectés (incubation 8 et 11 jours, deux et trois accès).

Conclusions. — 1° Le porc est sensible au spirochète de la fièvre récurrente hispano-marocaine, tout au moins à ses souches africaines. La maladie qu'il contracte ne se traduit par aucun symptôme appréciable, elle appartient donc au type *inapparent.* L'examen microscopique du sang ne permet point d'y déceler la présence des spirochètes; mais ce sang est virulent pour les animaux clairement sensibles. Chez eux, les spirochètes sont aisément décelables à l'examen du sang.

2° La sensibilité du porc, vis-à-vis de *Sp. hispanicum,* est trop faible pour qu'on puisse considérer cet animal comme jouant plus qu'un rôle négligeable dans la conservation naturelle du virus.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales dépendant de paramètres variables.* Note de M. Émile Cotton.

Les propositions suivantes concernent d'abord des cas étendus où des intégrales sont fonctions analytiques de n paramètres dont elles dépendent; elles indiquent ensuite, dans le cas de $n=1$, les singularités d'une telle fonction correspondant aux valeurs du paramètre pour lesquelles les hypothèses restrictives concernant la frontière du domaine d'intégration cessent d'être réalisées. Il n'est question ici que d'éléments réels.

I. Soit $I(u, v)=\int_a^b f(x, u, v)\,dx$ une intégrale, f étant, dans un domaine D de l'espace (x, u, v), fonction analytique de ces trois variables; a et b sont aussi des fonctions analytiques de u et v définies dans un domaine d du plan (u, v). Prenons un point P de d; nous supposons nulles, pour abréger l'écriture, les coordonnées de ce point.

P est la projection d'une droite Δ de l'espace; nous admettons que sur Δ se trouve un segment δ intérieur à D, et que le segment δ' de Δ obtenu en faisant varier x dans l'intervalle $[a(0, 0), b(0, 0)]$ est lui-même intérieur à δ. *L'intégrale* $I(u, v)$ *est fonction analytique au voisinage de* $u = 0$, $v = 0$.

Pour le démontrer, on divise par des constantes x_i l'intervalle $[a(u, v), b(u, v)]$ en intervalles partiels (a, x_1), (x_1, x_2), ..., (x_n, b) assez petits pour que les intégrales étendues à ces intervalles partiels soient calculables avec la série obtenue en intégrant terme à terme, par rapport à x, un développement de $f(x, u, v)$ en série triple. Pour les intervalles extrêmes, on utilise en outre le théorème sur la substitution de séries entières aux variables d'une série entière.

En définitive, on ajoute un nombre fini de fonctions analytiques de u et v; le résultat $I(u, v)$ est bien fonction analytique. La proposition s'applique quel que soit le nombre des paramètres.

II. Considérons ensuite une intégrale double

$$I(u, v) = \int\int f(x, y, u, v)\, dx\, dy.$$

La fonction $f(x, y, u, v)$ est analytique, l'intégrale est étendue à un domaine $S(u, v)$ du plan (x, y) dont la frontière est formée par un nombre fini d'arcs de courbes données par des équations

$$(1) \qquad \varphi_i(x, y, u, v) = 0$$

dont les premiers membres sont, eux aussi, fonctions analytiques. On admet que, pour des valeurs numériques de u et v, par exemple $u = 0$ et $v = 0$, les hypothèses suivantes sont réalisées :

a. Il n'y a pas contact entre deux arcs de la frontière de $S(0, 0)$; *b*. tous les points d'un arc frontière sont points simples; *c*. en un sommet de la frontière passent seulement deux courbes (1). Dès lors, les coordonnées des sommets sont fonctions analytiques de u et v et le nombre de ces points ne se modifie pas quand u et v restent voisins de zéro. Divisons $S(0, 0)$ et la partie adjacente du plan xOy en petits rectangles par des parallèles aux axes et étudions séparément les parties de $I(u, v)$ correspondant à ces rectangles. Pour ceux qui sont intérieurs à $S(0, 0)$ aucune difficulté ne se présente. On peut obtenir que les rectangles traversés par les frontières soient tels que dans chacun d'eux l'une des coordonnées x, y d'un arc frontière de $S(u, v)$ dépende analytiquement de l'autre et de u et v. Si cette fonction est y, on évalue l'intégrale étendue à la partie utile du petit rectangle en

intégrant d'abord par rapport à y; le résultat est analytique, on l'intègre ensuite par rapport à x. $I(u, v)$ *est donc fonction analytique*, comme somme d'un nombre fini de fonctions de cette nature.

Un théorème analogue s'applique aux intégrales triples.

III. Les hypothèses relatives à la frontière sont essentielles; des exemples très simples le montrent. Nous allons d'ailleurs indiquer, pour un seul paramètre u, et pour une intégrale double $I(u)$, *l'influence de singularités apparaissant dans la frontière* pour une valeur numérique (soit $u = 0$) du paramètre; les hypothèses antérieures subsistant pour u positif et petit.

Si pour $u = 0$, a cesse d'être vraie, *deux arcs frontières venant se toucher* en un point réel, $I(u)$ est fonction analytique de $\sqrt{u}$. (Le contact est supposé simple.)

Quand un *point double à tangentes réelles et distinctes* se présente pour $u = 0$ dans un arc frontière, n'en admettant pas pour les valeurs infiniment voisines de u, $I(u)$ est de la forme $g(u) + h(u) \log u$, les fonctions g et h sont analytiques, $h(0)$ est nul.

Enfin l'apparition pour $u = 0$ d'un *point double isolé à tangentes imaginaires distinctes* entraînant la disparition d'une petite courbe fermée faisant pour $u > 0$ partie de la frontière, ou encore *le concours en un même sommet de trois courbes* (1) pour cette même valeur $u = 0$, n'empêchent pas $I(u)$ de rester analytique pour $u = 0$; mais si l'intégrale est définie pour $u < 0$, ses deux expressious pour $u > 0$ et pour $u < 0$ sont, en général, des fonctions analytiques distinctes.

Je donnerai, dans un travail plus étendu, les démonstrations de ces dernières propositions. Elles reposent sur des propriétés simples des séries entières et sur un théorème de Weierstrass dont M. Goursat a donné une intéressante démonstration élémentaire (*Bulletin de la Société mathématique de France*, 36, p. 209).

IV. On peut trouver dans la théorie des corps flottants une application des théorèmes précédents : si la surface du flotteur est composée de morceaux analytiques, il en est de même de la surface de flottaison et de la surface des centres de carène.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la décharge en haute fréquence.*
Note de MM. **C. Gutton** et **G. Beauvais.**

Les recherches sur la décharge en haute fréquence aux faibles pressions de H. Gutton (1), celles de Gill et Donaldson (2) à des pressions plus élevées, montrent que de très faibles variations de pression peuvent provoquer de brusques sauts de la différence de potentiel efficace pour laquelle la décharge s'amorce ou s'éteint, ceux-ci se produisent à des pressions qui dépendent de la fréquence des oscillations et de la distance des électrodes.

L'étude de ce phénomène nous a conduits à chercher comment varie, en fonction de cette distance, la différence de potentiel pour laquelle la décharge s'éteint. Les expériences ont été faites pour des fréquences élevées qui correspondent à des longueurs d'onde comprises entre 22^m et $5^m,25$.

Un tube de verre vertical de $1^{cm},25$ de diamètre intérieur porte à sa partie supérieure l'une des électrodes. C'est un disque en aluminium, de diamètre peu inférieur à celui du tube. L'autre électrode est la surface supérieure d'une colonne de mercure que l'on fait monter dans le tube pour varier la distance entre électrodes. On fait le vide avec une pompe à diffusion. Une jauge Dunoyer indique une pression de l'ordre du cent-millième de millimètre. La décharge se produit donc surtout dans la vapeur de mercure à la température du laboratoire.

Les électrodes sont réunies d'une part aux extrémités d'un circuit couplé à un oscillateur à lampes triodes et accordé en réglant sa longueur, d'autre part, par des fils aussi courts que possible, à un électromètre constitué par une petite lame d'aluminium mince suspendue par un fil de quartz entre deux plateaux d'un centimètre carré de surface. Cet électromètre est étalonné en le comparant, à 50 périodes par seconde, avec un voltmètre à courants alternatifs.

La capacité de l'électrode de mercure étant beaucoup supérieure à celle de l'autre électrode, on attache à cette dernière une feuille de papier d'étain, on règle sa surface de façon qu'à une pression de quelques dixièmes de millimètre une décharge lumineuse naisse ou s'éteigne simultanément sur les deux électrodes lorsqu'on augmente ou que l'on diminue la différence de potentiel.

---

(1) H. Gutton, *Ann. de Physique*, 13, 1930, p. 62.
(2) E.W.B. Gill et R.H. Donaldson, *Phil. Mag.*, 12, 1931, p. 719.

Pour faire une détermination, on provoque la décharge dans le tube, puis on diminue l'intensité du courant dans les filaments des triodes de l'oscillateur jusqu'à ce que la décharge s'éteigne ; on lit sur l'échelle de l'électromètre la différence de potentiel efficace pour laquelle cette extinction se produit.

Pour les fréquences qui correspondent à 22^m, $19^m,25$, $11^m,20$ et $7^m,80$, les courbes représentées par la figure indique comment, en fonction de la distance des électrodes portée en abscisses, varie la différence de potentiel efficace pour laquelle la décharge s'éteint.

La courbe correspondant à $11^m,20$ par exemple montre que, comme il arrive aussi aux très basses fréquences, la décharge s'entretient difficilement pour les très courtes longueurs du tube. La différence de potentiel nécessaire décroît très vite (AB) lorsqu'on allonge le tube puis augmente (BC) avec sa longueur ; cette augmentation très rapide aux fréquences élevées ne se continue pas et l'on trouve une distance d'électrodes pour laquelle la différence de potentiel efficace nécessaire à l'entretien de la décharge passe par une valeur maximum. Elle décroît ensuite (CD) jusqu'à une grandeur minimum très faible. Pour une distance d'électrodes 32^{cm} la décharge s'éteint lorsque la différence de potentiel n'est que 42 volts. Pour des distances plus grandes celle-ci croît lentement (DE) puis on atteint des longueurs de tube pour lesquelles la décharge avant de s'éteindre se coupe en trois fuseaux séparés par des espaces sombres, elle prend l'aspect qui a été signalé par Mlle Chenot (1) et qu'elle a montré être dû à l'établissement le long du tube d'un système d'ondes stationnaires. L'arc de courbe EF qui représente la différence de potentiel pour laquelle cette coupure se produit est la continuation de la courbe qui, pour de plus petites longueurs de tube, correspond à l'extinction de la décharge.

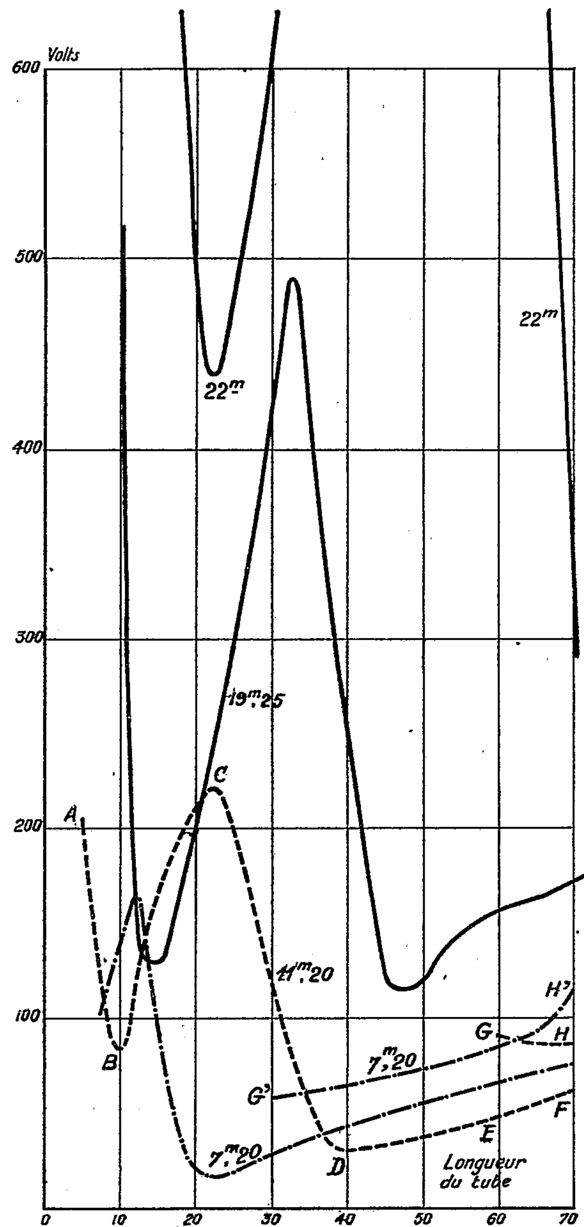
Lors de cette modification d'aspect la différence de potentiel entre électrodes augmente brusquement et la décharge s'éteint lorsqu'on l'abaisse jusqu'aux valeurs représentées par la courbe GH.

Les courbes relevées pour des fréquences différentes ont la même forme, mais les phénomènes que nous venons de décrire se produisent pour des distances d'électrodes d'autant plus courtes que la fréquence est plus élevée.

Des expériences pour une longueur d'onde de $5^m,25$, dont les résultats n'ont pas été reportés sur la figure, ont montré que le passage de la décharge

(1) Mlle Chenot, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 38 et 673.

de 1 à 3 internœuds était suivi avant l'extinction, pour les plus grandes longueurs de tube par un passage à 5 internœuds.



Voici comment nous pensons pouvoir nous expliquer la rapide diminution CD de la différence de potentiel nécessaire à l'entretien de la décharge

lorsqu'on augmente la distance entre électrodes. Les expériences de M[lle] Chenot ayant montré qu'il s'établit le long du tube un régime d'oscillations stationnaires, il est une longueur de tube qui est égale à un internœud au moment de l'extinction de la décharge. Lors du passage par cette longueur, la phase des oscillations s'inverse. Pour des longueurs du tube plus petites, les déplacements de charges dus aux mouvements électroniques diminuent le champ entre les électrodes, ils l'augmentent, au contraire, pour des longueurs plus grandes et la décharge s'entretient pour de très faibles différences de potentiel entre les électrodes. L'inversion de phase à la résonance se produit pour une variation de longueur du tube d'autant plus petite que l'amortissement des oscillations dans le gaz ionisé est plus faible et que par suite la pression est plus basse. On observe qu'en effet des expériences à pression plus haute donnent encore les mêmes phénomènes mais avec une amplitude atténuée.

NOMINATIONS.

M. E. Cartan est désigné pour représenter l'Académie au *Congrès international des Mathématiciens*, qui se tiendra à Zurich du 4 au 12 septembre 1932.

PLIS CACHETÉS.

M[me] V[ve] **Maurice Bloch**, née **Anna Zivy**, demande l'ouverture de sept plis cachetés déposés par son mari, reçus dans les séances des 24 septembre 1906, 26 juin 1916, 9 juillet 1917, 14 avril 1919, 22 mai 1922, 27 avril 1925, 22 juillet 1929 et inscrits sous les n[os] 7145, 8290, 8413, 8644, 9006, 9511, 10199.

Ces plis sont ouverts en séance par M. le Président.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Recteur de l'Académie de Poitiers** invite l'Académie à se faire représenter à la célébration du *Cinquième Centenaire de l'Université* en juin 1932.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° National Research Council. *Organization and Members* 1931-1932.

2° *La Commission Européenne du Danube et son œuvre de 1856 à 1931*. (Présenté par M. E. Fichot.)

3° J. Sabrazès, G. Jeanneney, R. Mathey-Cornat. *Les Tumeurs des Os*. (Présenté par M. H. Vincent.)

M. **Louis Berger** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les fonctions génératrices de Laplace*. Note de M. **Constant Lurquin**, présentée par M. E. Borel.

1. Laplace a créé le calcul des fonctions génératrices en vue d'en faire systématiquement de nombreuses applications dans sa *Théorie analytique des probabilités*. Ce calcul est aujourd'hui oublié et abandonné. Cependant il constitue, dans certains cas, et pour des questions particulières, une méthode de résolution élégante et expéditive. La présente Note a pour but de montrer qu'il est possible d'utiliser les fonctions génératrices pour une étude rationnelle des éléments moyens de probabilité.

2. La valeur moyenne et l'écart moyen sont fonctions d'une quantité initiale : la variable éventuelle. Pour la loi de probabilité d'une variable α nous adoptons la forme canonique suivante : α peut prendre la série de valeurs possibles, réelles et distinctes $\alpha_i (i = 1, 2, \ldots, \mu)$ avec les probabilités correspondantes $\varphi(\alpha_i)$ $(i = 1, 2, \ldots, \mu)$. On a la double condition

$$\varphi(\alpha) > 0; \qquad \sum_1^\mu {}_i \varphi(\alpha_i) = 1.$$

La valeur moyenne de α est définie par la relation

$$\text{V.M}(\alpha) = \sum_1^\mu {}_i \varphi(\alpha_i)\alpha_i.$$

La fonction génératrice de fréquence pour la variable éventuelle α est, par définition,

$$f(u) = \sum_1^\mu {}_i \varphi(\alpha_i)\, u^{\alpha_i}.$$

Les coefficients de la série sont positifs. La variable u n'est introduite que pour porter en exposants les différentes valeurs de α. On a immédiatement

$$\{f(u)\}_{u=1}=1; \tag{1}$$

$$\mathrm{VM}(\alpha)=\left\{\frac{df(u)}{du}\right\}_{u=1}. \tag{2}$$

En tenant compte de (1), la relation (2) peut s'écrire sous la forme d'une dérivée logarithmique

$$\mathrm{VM}(\alpha)=\left\{\frac{d\log f(u)}{du}\right\}_{u=1}. \tag{3}$$

La structure de (3) permet d'établir simplement le théorème d'addition qui traduit le principe de conservation des valeurs moyennes

$$\mathrm{VM}(\alpha+\beta+\gamma+\ldots)=\mathrm{VM}(\alpha)+\mathrm{VM}(\beta)+\mathrm{VM}(\gamma)+\ldots.$$

Pour le carré de la variable éventuelle on trouve

$$\mathrm{V.M}(\alpha^2)=\left\{\frac{d^2f(u)}{du^2}+\frac{df(u)}{du}\right\}_{u=1}$$

et pour la valeur moyenne de puissance n

$$\mathrm{V.M}(\alpha^n)=\left\{\frac{d^nf}{du^n}+\left(\frac{df}{du}\right)^{n-1}+\sum_1^{n-2}i(n-i)\frac{d^{n-i}f}{du^{n-i}}\left(\frac{df}{du}\right)^{i-1}\right\}_{u=1}.$$

3. L'écart absolu x est défini par l'égalité

$$x_i=\alpha_i-\mathrm{V.M}(\alpha)\qquad (i=1,2,\ldots,n).$$

La puissance n de l'écart moyen d'ordre ν de la variable éventuelle α s'exprime par la relation

$$\underset{(\nu)}{\mathrm{E}^n}(\alpha)=[\mathrm{V.M}(x^\nu)]^{\frac{n}{\nu}}=\left\{\sum_1^{\mu-2}i[\alpha_i-\mathrm{V.M}(\alpha)]^\nu\varphi(\alpha_i)\right\}^{\frac{n}{\nu}}.$$

Le cas $n=\nu=1$ donne l'écart moyen linéaire de α qui est nul. Avec $n=\nu=2$, on a

$$\underset{(2)}{\mathrm{E}^2}(\alpha)=\mathrm{V.M}(\alpha^2)-[\mathrm{V.M}(\alpha)]^2=\left\{\frac{d^2f(u)}{du^2}+\frac{df(u)}{du}\left[1-\frac{df(u)}{du}\right]\right\}_{u=1}, \tag{3}$$

pour le carré de l'écart moyen quadratique de la variable éventuelle α au moyen de sa fonction génératrice de fréquence. Ce fait est général puisque

l'écart moyen s'exprime en fonction des valeurs moyennes et celles-ci à l'aide des fonctions génératrices. On peut mettre la relation (3) sous la forme d'une dérivée logarithmique

$$\underset{(2)}{E^2} = (\alpha) \left\{ \left(\frac{d^2}{du^2} + \frac{d}{du} \right) \log f(u) \right\}_{u=1},$$

ce qui permet de vérifier rapidement pour cet écart la propriété simple d'invariance caractérisée par la relation

$$\underset{(2)}{E^2}(\theta) = \underset{(2)}{E^2}(\alpha) + \underset{(2)}{E^2}(\beta) + \underset{(2)}{E^2}(\gamma) + \ldots,$$

avec $\theta = \alpha + \beta + \gamma + \ldots$, où α, β, γ, ... sont des variables éventuelles indépendantes entre elles.

GÉOMÉTRIE. — *Une définition de la longueur et de l'aire.* Note de M. **J. Favard**, présentée par M. J. Hadamard.

Dans un plan, nous repérerons une droite au moyen de l'angle θ que fait la perpendiculaire à cette droite issue d'un point fixe O avec une direction fixe ($0 \leq \theta < \pi$) et de sa distance p à l'origine comptée sur cette perpendiculaire orientée comme la droite obtenue en faisant tourner la direction donnée de l'angle θ ($-\infty < p < +\infty$).

Soit dans le plan un ensemble de points borné E situé, par exemple, à l'intérieur du cercle de centre O et de rayon 1; nous définirons la fonction $n(p, \theta)$ de la façon suivante : si, sur la droite (p, θ) se trouvent n points de E, nous posons $n(p, \theta) = n$; si, sur cette droite se trouvent une infinité de points de l'ensemble, nous posons $n(p, \theta) = \infty$. Lorsque l'ensemble E se compose d'un nombre fini d'arcs convexes, l'intégrale

$$l(E) = \frac{1}{2} \int_0^\pi \int_{-1}^{+1} n(p, \theta)\, dp\, d\theta$$

représente la somme des longueurs de ces différents arcs [1]. Lorsque E se réduit à un arc de courbe de Jordan sans point double j'ai pu démontrer que $l(E)$ est fini et a pour valeur la longueur de l'arc si celui-ci est rectifiable au sens de M. Lebesgue, l'intégrale étant prise également suivant sa définition.

---

[1] Voir par exemple H. Lebesgue, *Exposition d'un Mémoire de Crofton* (*Nouvelles Annales de Math.*, 4e série, **12**, 1912, p. 1).

Pour un ensemble quelconque E, je propose d'appeler longueur de cet ensemble la valeur $l(E)$ de l'intégrale précédente lorsqu'elle existe [1], suivant la nature de la fonction $n(p, \theta)$ ceci amène à classer les ensembles en quatre catégories : 1° ensembles rectifiables (B); 2° ensembles rectifiables (L); 3° ensembles dont la longueur est infinie; 4° ensembles non rectifiables. Pour les ensembles des deux premières catégories, qui méritent seuls le nom d'ensembles rectifiables, la longueur est une fonction d'ensemble complètement additive; en particulier tout ensemble dénombrable est de longueur nulle. Un arc de courbe de Jordan sans point double rectifiable (L) est rectifiable (B) et aussi au sens de M. Lebesgue; tout ensemble linéaire mesurable (B ou L) est rectifiable (B ou L). L'extension de la notion de longueur aux ensembles non bornés va d'elle-même.

Si, en chaque point P de E une fonction de point $f(P)$ a été définie, on peut définir de la même façon ce que l'on entend par l'intégrale curviligne

$$\int_E f(P)\,ds$$

et les fonctions $f(P)$ peuvent être classées en mesurables (B) ou (L) ou non mesurables sur E, mais il faut distinguer entre les intégrales dans le calcul desquelles l'ordre des points de E n'intervient pas de celles où cet ordre, supposé donné, intervient.

Lorsque E est rectifiable, si $f(P)$ est mesurable sur E et bornée $[m \leqq f(P) \leqq M]$ on a le théorème de la moyenne

$$m l(E) \leqq \int_E f(P)\,ds \leqq M l(E).$$

Si E est linéaire, et si $f(P)$ est sommable, l'intégrale curviligne définie coïncide avec l'intégrale de Lebesgue $\int_E f(P)\,dP$ prise sur la droite où se trouvent les points de E.

E désignant maintenant un ensemble de points situés dans l'espace à 3 dimensions, mesurons l'ensemble des droites qui rencontrent E, chacune d'elles étant comptée avec son degré de multiplicité; cette mesure, divisée

(1) M. Lebesgue m'a fait remarquer que je mesure l'ensemble des droites qui rencontrent E, chacune d'elles étant comptée avec son ordre de multiplicité égal au nombre de points de E qu'elle porte, et que les généralisations que j'envisage sont susceptibles d'interprétations analogues. Dans cet exposé j'ai utilisé la remarque de M. Lebesgue.

par 2π, si elle existe et n'est pas infinie, sera, par définition, l'aire de E qui sera alors dit quarrable.

Soit une portion de surface sans point double définie, en coordonnées rectangulaires (x, y, z), par

$$\begin{aligned} x &= f(u, v), \\ y &= g(u, v) \qquad (0 \leqq u \leqq 1;\ 0 \leqq v \leqq 1, \\ z &= h(u, v), \end{aligned}$$

où f, g, h sont des fonctions continues; pour qu'elle soit quarrable d'après notre définition, il est nécessaire et suffisant que les trois correspondances

$$\begin{array}{lll} x = f(u, v), & y = g(u, v), & z = h(u, v), \\ y = g(u, v), & z = h(u, v), & x = f(u, v) \end{array}$$

soient à variation bornée suivant une définition de M. Banach (¹) et l'aire définie ici ne surpasse pas l'aire définie par M. Lebesgue.

Pour la surface $z = f(x, y)\,(0 \leqq x \leqq 1,\ 0 \leqq y \leqq 1)$, ces deux aires sont les mêmes lorsque la fonction $f(x, y)$ est absolument continue.

Dans l'espace à n dimensions, la mesure d'ordre $p\,(p \leqq n)$ d'un ensemble E se définit comme étant, à un facteur près, la mesure des variétés linéaires d'ordre $n - p$ qui rencontrent E, chacune d'elles étant comptée avec son ordre de multiplicité (le point étant considéré comme une variété linéaire d'ordre zéro), la définition de l'intégrale p-uple d'une fonction de point définie sur E ne présente pas non plus de difficulté.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions de deux variables réelles.* Note de M. **D. Pompeiu.**

1. Quand on passe de la théorie générale de l'équation

$$\frac{du}{dx} = F(x, u) \tag{1}$$

à une étude analogue pour les fonctions de deux variables on est conduit à considérer, comme analogue à (1), l'équation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x\, \partial y} = F(x, y, u), \tag{2}$$

(¹) S. Banach, *Sur les lignes rectifiables et les surfaces dont l'aire est finie* (*Fund. Mat.*, 7, 1925, p. 225-236).

où l'opération

$$D'(u) = \frac{\partial^2 u}{\partial x\, \partial y}$$

est définie directement, et non comme résultat de deux dérivées successives du premier ordre.

On est ainsi conduit à faire jouer à la fonction $k(x, y)$, définie par la condition

$$D'(k) = \frac{\partial^2 k}{\partial x\, \partial y} = 0,$$

le rôle que joue la *constante* dans l'étude des fonctions d'une seule variable.

Toute une théorie des fonctions $f(x, y)$, calquée sur celle de la fonction d'une variable, peut être construite en partant de la remarque précédente.

Je me contenterai de signaler ici deux faits analytiques élémentaires.

2. Soit $f(x, y)$ une fonction continue, définie dans un rectangle R de côtés parallèles aux axes Ox, Oy.

Prenons, dans R, un point (a, b) et, par ce point, menons des parallèles aux axes AA' et BB', bornées au périmètre du rectangle.

On peut former, en considérant les valeurs prises par $f(x, y)$ le long de AA' et BB', la fonction

$$\varphi(x, y) = f(x, b) + f(a, y) - f(a, b),$$

qui satisfait à l'équation

$$D'(\varphi) = 0.$$

Je dis que, étant donnée $f(x, y)$, continue, on peut toujours choisir le point (a, b), dans R, de façon que

$$\iint_{(R)} f(x, y)\, dx\, dy = \iint_{(R)} \varphi(x, y)\, dx\, dy. \tag{3}$$

Cette relation généralise la formule classique de la moyenne, dans laquelle φ est une constante convenable, valeur prise d'ailleurs par f en un point du rectangle R.

3. Supposons maintenant que la fonction continue $f(x, y)$ satisfasse à la condition

$$D''(f) = \frac{\partial^4 f}{\partial x^2\, \partial y^2} = 0.$$

Alors on peut montrer que, dans la relation (3), le point (a, b) peut être pris au centre du rectangle R_1.

Il est clair qu'il s'agit ici d'un résultat qui généralise une propriété bien connue de la moyenne d'une *fonction linéaire*, à une seule variable.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration d'une équation aux dérivées partielles.* Note de M. **R. Gosse**, présentée par M. E. Goursat.

Dans une Note du 15 juin 1931, j'ai indiqué une méthode générale qui permet de trouver la solution de toutes les équations intégrables de la forme

$$\frac{d\,a(x, y, z, p)}{dy} = b(x, y, z, q),$$

J'ai pu étendre cette méthode aux équations signalées dans ma Note du 1er juin 1931.

Pour en donner une application, considérons l'équation de M. Pasquier,

$$(E) \qquad s = \frac{2pq}{z-\theta} + \frac{2p\sqrt{q\theta'_y}}{z-\theta} + \frac{2q\sqrt{p\theta'_x}}{z-\theta} + \sqrt{pq}\left(\frac{2\sqrt{\theta'_x\theta'_y}}{z-\theta} + \frac{\theta''_{xy}}{\sqrt{\theta'_x\theta'_y}}\right),$$

qui est de la première classe quand la fonction $\theta(x, y)$ vérifie deux conditions simultanées assez compliquées.

Faisons la transformation de Bäcklund

$$X = x, \qquad Y = y, \qquad P = \frac{\sqrt{p\theta'_x} + \theta'_x}{z-\theta}, \qquad Q = \frac{\sqrt{q\theta'_y} + \theta'_y}{z-\theta}.$$

On vérifie sans peine qu'on retrouve E en éliminant Z. Si l'on écrit que $p\,dx + q\,dy$ est une différentielle exacte, on obtient immédiatement la condition

$$d\left(\frac{e^{-2z}}{z-\theta}\right) = \frac{(Pe^{-z})^2}{\theta'_x}\,dx + \frac{(Qe^{-z})^2}{\theta'_y}\,dy,$$

d'où, en posant $z_1 = e^{-Z}$,

$$(E') \qquad 2\frac{s_1}{\theta''_{xy}} = \frac{p_1}{\theta'_x} + \frac{q_1}{\theta''_y}.$$

M. Pasquier a obtenu E en supposant qu'il y existe une involution d'ordre 2 et une d'ordre 3 pour chaque système de caractéristiques. Si l'on suppose leur existence pour un seul système de caractéristiques, on est ramené à la

seule équation E, mais les deux conditions imposées à la fonction θ sont remplacées par une seule qui coïncide avec celle qu'on obtient en annulant l'expression h_1 de Laplace, relative à l'équation E'.

Tous les résultats de MM. Pasquier et Lainé, et ceux que je signale moi-même, s'expliquent d'ailleurs de la façon la plus naturelle quand on a ramené E à E'. Celle-ci est une équation linéaire qui ne dépend que d'une fonction arbitraire et elle s'intègre par la méthode de Laplace dès qu'une des expressions h_i ou k_i est nulle,

En particulier, si θ est une fonction de $x+y$, l'équation se ramène à l'équation à invariants égaux, complètement étudiée par Darboux dans le Tome II de la *Théorie des Surfaces*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations $s=f(x, y, z, p, q)$ intégrables par la méthode de Darboux*. Note de M. **Pasquier**, présentée par M. E. Goursat.

Je me suis proposé de rechercher les équations $s=f(x, y, z, p, q)$ qui ont une première involution d'ordre 2 et une seconde d'ordre 3 pour chacun de leurs systèmes de caractéristiques. Les hypothèses de ma Note aux *Comptes rendus* du 27 juillet 1931 sont alors vérifiées; il existe deux fonctions $\alpha(x, y, z, p)$ et $\beta(x, y, z, q)$ qui satisfont à

$$\frac{\partial\alpha}{\partial y}+\alpha\frac{\partial f}{\partial p}+\frac{\partial^2 f}{\partial p^2}=0 \qquad \text{et} \qquad \frac{\partial\beta}{\partial x}+\beta\frac{\partial f}{\partial q}+\frac{\partial^2 f}{\partial q^2}=0.$$

Posons avec M. Gosse [1]

$$\alpha=\frac{\dfrac{\partial^2 a}{\partial p^2}}{\dfrac{\partial a}{\partial p}}, \qquad \beta=\frac{\dfrac{\partial^2 b}{\partial q^2}}{\dfrac{\partial b}{\partial q}},$$

nous sommes amenés, comme lui, à envisager plusieurs cas.

J'ai constaté qu'il n'existe d'équations de la première classe du type recherché que dans le cas où une transformation ponctuelle

$$X=X(x), \qquad Y=Y(y), \qquad Z=Z(x, y, z),$$

effectuée sur $s=f$ permet de prendre

$$a=p^{\frac{1}{2}}, \qquad b=q^{\frac{1}{2}}.$$

[1] *Thèse*, Chap. III, p. 39.

On est alors conduit à

$$(\mathrm{E})\quad s=\frac{z}{z-\theta(x,y)}pq+\varepsilon\frac{2\sqrt{\theta'_y}}{z-\theta}pq^{\frac{1}{2}}$$
$$+\varepsilon'\frac{2\sqrt{\theta'_x}}{z-\theta}p^{\frac{1}{2}}q+\varepsilon\varepsilon'\left(\frac{2\sqrt{\theta'_x\theta'_y}}{z-\theta}+\frac{\theta''_{xy}}{\sqrt{\theta'_x\theta'_y}}\right)p^{\frac{1}{2}}q^{\frac{1}{2}}\qquad(\varepsilon=\pm 1,\ \varepsilon'=\pm 1).$$

Cette équation répond au problème à la condition que θ satisfasse au système

$$(\mathrm{S})\quad\left\{\begin{aligned}&4(\rho'_x\rho'_y-\rho\rho''_{xy})+\rho^4+\frac{\mathrm{X}}{\sqrt{\theta'_y}}(\rho\theta''_{y^2}-2\theta'_y\rho'_y)=0,\\&4(\rho'_x\rho'_y-\rho\rho''_{xy})+\rho^4+\frac{\mathrm{Y}}{\sqrt{\theta'_x}}(\rho\theta''_{x^2}-2\theta'_x\rho'_x)=0,\end{aligned}\right.$$

X désigne ici une fonction arbitraire de x, Y une fonction arbitraire de y, et l'on a posé $\rho=\dfrac{\theta''_{xy}}{\sqrt{\theta'_x\theta'_y}}$.

Il est d'ailleurs certain que les équations (S) ont des solutions communes puisque, si l'on prend $\theta=\theta(x+y)$, elles se réduisent à une seule équation différentielle qui est du quatrième ordre.

Si, en particulier, on fait $\theta=(x+y)^n$, on vérifie (S) en prenant $n=1\pm\sqrt{2}$ ou $n=-3$. A $n=-3$ correspond l'équation signalée par M. Lainé à la page 59 de sa Thèse.

Les équations (E) soumises aux conditions (S) sont les seules solutions du problème proposé.

Je fais enfin remarquer que, dans bien des cas, les résultats obtenus s'appliquent sans modification à la recherche des équations $s=f$ dont la seconde involution est d'un ordre quelconque pour chacun de leurs systèmes de caractéristiques et qui satisfont aux autres conditions de l'énoncé.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'analogie entre la distribution des droites de Julia des fonctions holomorphes et celle des points singuliers des fonctions analytiques.* Note (¹) de M. **Vladimir Bernstein**, présentée par M. Hadamard.

Le but de cette Note est d'énoncer, à titre d'hypothèse, une proposition qui expliquerait les analogies (²) et les différences qui existent entre la dis-

(¹) Séance du 18 janvier 1932.

(²) Cette analogie a été notée dès 1926 par M. A. Bloch (*Mém. Sc. math.*, fasc. XX, 1926, p. 16). De nombreux mathématiciens ont cherché à la préciser et ont obtenu des résultats intéressants; il convient de citer surtout le Mémoire de M. Pólya (*Math. Zeitschr.*, 29, 1929, p. 549).

tribution des droites de Julia et celle des points singuliers, et d'indiquer des classes de fonctions (d'ailleurs assez étendues) pour lesquelles la proposition en question est vérifiée. Afin d'avoir des énoncés plus simples, nous ne considérerons que des fonctions d'ordre un et de type moyen [1].

On sait qu'à chaque fonction entière $F(z)=\Sigma a_n z^n$ d'ordre un et de type moyen on peut attacher deux domaines convexes, dont l'un est le polygone de sommabilité de M. Borel relatif à la série $\varphi(x)=\Sigma n!\, a_n x^n$ et l'autre le diagramme indicateur de M. Pólya relatif à la fonction $f(x)=\sum \frac{n!\,a_n}{x^{n+1}}$ [2].

Ces deux domaines sont complètement déterminés dès que l'on connaît la rapidité de croissance de $F(z)$ sur chaque rayon issu de l'origine. On sait que les points extrêmes du diagramme $\mathcal{J}$ de M. Pólya sont des points singuliers de $f(x)$; sur le polygone $\mathcal{B}$ de M. Borel les podaires de l'origine par rapport à ses tangentes sont des points singuliers de $\varphi(x)$. Je crois que le domaine $\mathcal{B}$ est plus intimement lié à la fonction $F(z)$ et doit être utilisé quand on étudie cette fonction, tandis que le domaine $\mathcal{J}$ est plus étroitement lié à la fonction $f(x)$ et doit être utilisé de préférence pour l'étude de cette dernière.

L'hypothèse que je désire soumettre à l'attention des mathématiciens est la suivante : *les rayons vecteurs des points extrêmes du polygone $\mathcal{B}$ de M. Borel (ou ceux des podaires de l'origine par rapport aux tangentes du diagramme $\mathcal{J}$ de M. Pólya) déterminent des droites de Julia de la fonction* $F(z)$. Si cette proposition est vraie pour toutes les fonctions d'ordre un et de type moyen (nous verrons que cela a lieu pour des classes assez étendues de fonctions), alors les droites de Julia et les points singuliers pourront être considérés comme deux phénomènes complémentaires l'un de l'autre. En effet, sur chacun des domaines $\mathcal{B}$ et $\mathcal{J}$ les points extrêmes et les podaires de l'origine par rapport aux tangentes correspondraient respectivement les uns aux droites de Julia de $F(z)$ et les autres aux points singuliers de $f(x)$ et inversement.

Passons maintenant à l'exposition des cas particuliers pour lesquels j'ai pu démontrer le bien-fondé de mon hypothèse. Les suppositions que je suis conduit à faire quant au comportement de la fonction $F(z)$ ne se rapportent pas directement à cette fonction, mais à la fonction $f(x)$. Dans ces

---

(1) Les résultats de cette Note sont toutefois généralisables pour des fonctions d'un ordre fini et de type quelconques. Je reviendrai sur ce sujet à une autre occasion.

(2) Voir Borel, *Séries divergentes*, Paris. 1928, p. 152, et Pólya, *loc. cit.*, p. 581.

conditions il est plus aisé de les exposer à l'aide du diagramme $\mathfrak{J}$ de M. Pólya.

Cas I. — *Le contour de* $\mathfrak{J}$ *contient un segment rectiligne* AB *dont les points extrêmes* A *et* B *sont des points anguleux de* $\mathfrak{J}$ ($\mathfrak{B}$ *a alors un sommet rectiligne dont le rayon-vecteur est perpendiculaire à* AB).

1° *Dans le voisinage du point* A, *à l'extérieur de* $\mathfrak{J}$, $f(x)$ *peut être mis sous la forme*

$$f(x)=\sum_{\nu=1}^{\nu=k} a_\nu (x-\mathrm{A})^{-\rho_\nu}\log(x-\mathrm{A})+\sum_{\nu=1}^{\nu=k} b_\nu(x-\mathrm{A})^{-\rho_\nu}+g(x), \tag{1}$$

où a_ν, b_ν, ρ_ν *sont des nombres réels ou complexes quelconques* (b_ν *est nul lorsque* ρ_ν *est un entier négatif ou zéro*), *et* $g(x)$ *est une fonction continue sur chaque droite d'appui non tangente à* $\mathfrak{J}$ *qui passe par* A ; *pour le point* B, *on a une condition analogue.*

Le rayon vecteur perpendiculaire à AB *détermine une droite de Julia.*

2° *On peut remplacer dans* (1) *les sommes finies par des sommes infinies en imposant aux coefficients des conditions de convergence* $\Big[$*par exemple on peut introduire la somme* $\sum \frac{a_n}{(x-\mathrm{A})^n}$, *les coefficients étant tels que* $\Sigma a_n \xi^n$ *soit une fonction entière d'ordre fini*$\Big]$.

Cas II. — *Soit* S *un arc du contour de* $\mathfrak{J}$ *sans points anguleux* (*il lui correspond sur* $\mathfrak{B}$ *un arc dont tous les points sont des points extrêmes*). *Soit* $\{c_n\}$ *une suite dénombrable de points partout dense sur chaque arc non rectiligne de* S, *et soit* $\Sigma\gamma_n$ *une série absolument convergente.*

1° *Dans le voisinage de* S, *à l'extérieur de* $\mathfrak{J}$, $f(x)$ *peut être mise sous la forme*

$$f(x)=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\gamma_n}{x-c_n}+g(x), \tag{2}$$

où $g(x)$ *est continue sur chaque droite d'appui tangente à* $\mathfrak{J}$ *en l'un des points* c_n. *Chaque rayon vecteur perpendiculaire à une tangente de* S *détermine une droite de Julia.*

2° *On peut remplacer dans* (2) *l'expression* $\frac{1}{x-c_n}$ *relative à certains* (*ou à tous*) *les points* c_n *par des sommes finies* (*ou infinies*) *du type* (1), *en imposant aux coefficients des conditions de convergence convenables.*

Les démonstrations de ces propositions sont basées sur quelques théo-

rèmes dus à M. Haar [1]; elles sont assez simples, mais les dimensions de cette Note ne me permettent pas de les exposer. Je suppose qu'en continuant les recherches de M. Haar on pourra introduire dans les énoncés d'autres types de singularités (par exemple des puissances du logarithme ou des logarithmes itérés), mais il serait évidemment beaucoup plus intéressant de trouver une méthode qui permette de démontrer la proposition sous sa forme générale (si tant est qu'elle soit vraie).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une généralisation de la sommation de Mittag-Leffler.* Note [2] de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. É. Borel.

Une extension de la sommation exponentielle de M. Borel est celle de Mittag-Leffler [3] au moyen de la fonction entière

$$E_\alpha(x)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{x^n}{\Gamma(\alpha n+1)}\qquad(\alpha>0).$$

La sommation de Mittag-Leffler est plutôt une méthode de prolongement analytique qu'une méthode de sommation des séries divergentes et ne possède pas les propriétés qu'ont les séries convergentes.

Nous donnons ici une généralisation de cette sommation, qui a toutes les propriétés dont jouissent les séries convergentes et permet de sommer la série produit de Cauchy des deux séries sommables. Soit $\varphi(x)$ une fonction positive pour $x>0$, $\varphi(0)=0$, non décroissante et telle que, si $\varphi(x)\to\infty$ lorsque $x\to\infty$, on ait

$$\lim_{x\to\infty}\frac{\varphi(x+a)}{\varphi(x)}=1,$$

pour chaque nombre fini a. Soit donnée la série

$$u_0+u_1+u_2+\ldots,\tag{1}$$

---

[1] *Math. Ann.*, 96, 1927, p. 69.

[2] Séance du 18 janvier 1932.

[3] G. Mittag-Leffler, *Sur la représentation analytique d'une branche uniforme d'une fonction monogène* (*Acta mathematica*, 29, 1905, p. 101-182).

et supposons que la série

$$u(x) = e^{-x} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{u_{n+1}\, x^{\alpha n+p}}{\Gamma(\alpha n+p+1)},$$

où p est un nombre réel arbitraire, $\alpha > 0$, est convergente pour chaque x. Nous disons que la série (1) est sommable (E^p_α, φ) avec la somme s, si l'expression

$$\frac{1}{\varphi(x)} \int_0^x u(t)\, \varphi(x-t)\, dt$$

tend vers $s - u_0$, lorsque $x \to \infty$. On voit facilement que chaque série convergente est aussi sommable (E^p_α, φ) avec la même somme.

Nous avons démontré les théorèmes suivants :

I. *Si la série*

$$u_0 + u_1 + u_2 + \ldots \tag{2}$$

est sommable (E^p_α, φ) *avec la somme* s, *la série*

$$0 + u_0 + u_1 + u_2 + \ldots \tag{3}$$

sera sommable $(E^{p-\alpha+1}_\alpha, \varphi)$ *avec la somme* s.

II. *Si la série* (3) *est sommable* (E^p_α, φ) *la série* (2) *sera sommable* $(E^{p_1}_\alpha, \varphi_1)$ *avec la même somme, où*

$$p_1 = p + \alpha - 1, \qquad \varphi_1(x) = \int_0^x \varphi(t)\, dt.$$

III. *Si la série* (1) *est sommable* (E^p_α, φ) *elle est aussi sommable* $(E^{p_1}_\alpha, \varphi)$ *avec la même somme, si* $p_1 > p$.

IV. *Si la série*

$$u_0 + u_1 + u_2 + \ldots \tag{4}$$

est sommable (E^p_α, φ) *avec la somme* s *et la série*

$$v_0 + v_1 + v_2 + \ldots \tag{5}$$

sommable $(E^{p_1}_\alpha, \psi)$ *avec la somme* t, *la série produit de Cauchy*

$$w_0 + w_1 + w_2 + \ldots, \qquad w_n = u_0 v_n + u_1 v_{n-1} + \ldots + u_n v_0 \tag{6}$$

sera sommable (E^α_q, τ) *avec la somme* st, où

$$q = \max(p, p_1, p + p_1 - \alpha + 1), \qquad \tau(x) = \int_0^x \varphi(t)\psi(x-t)\, dt.$$

Nous disons que la série (1) est absolument sommable $|E_\alpha^p|$ si l'intégrale

$$\int_0^\infty u(x)\,dx$$

est absolument convergente. Alors nous avons la généralisation suivante d'un théorème de Mertens.

V. *Si la série* (4) *est sommable* (E_α^p, φ) *avec la somme s et si la série* (5) *est absolument sommable* $|E_\alpha^{p_1}|$, *la somme* $E_\alpha^{p_1}$ *étant égale à t, la série* (6) *sera sommable* (E_α^q, φ) *avec la somme st, où*

$$q = \max(p, p_1, p_2), \qquad p_2 = p + p_1 - \alpha + 1.$$

Soit

$$f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots \tag{7}$$

la série de Taylor d'une fonction analytique $f(z)$ holomorphe pour $z = 0$. Ou sait que cette série est sommable par la méthode de Mittag-Leffler dans une région u_α du plan de z. Nous démontrons le théorème suivant :

VI. *La région exacte de la sommation* (E_α^p, φ) *de la série* (7) *est la région* u_α *de Mittag-Leffler.*

La sommation (E_α^p, φ) permet de sommer la série (7) sur le contour du domaine u_α dans des cas assez généraux.

Si l'on pose $\alpha = 1$, $p = 0$, on obtient la sommation (B, φ), que nous avons introduite [1].

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le calcul des hypothèses dans la méthode Gauss-Encke de la détermination des orbites.* Note [2] de M. **Thadée Banachiewicz**, présentée par M. E. Esclangon.

Dans la méthode de Gauss-Encke du calcul des orbites, une grande partie du travail, relatif à la détermination, par approximations successives, du rapport secteur elliptique : triangle, doit être consacrée à la détermination de la position de l'orbite et des quantités qui s'y rattachent. Les paramètres correspondants étant cependant, au fond, étrangers au

(1) *Sur la sommation exponentielle de M. Borel* (*Comptes rendus*, 191, 1930, p. 825).

(2) Séance du 28 décembre 1931.

problème du rapport en question, il est bien naturel qu'on ait recherché d'autres procédés de résolution, pour éviter le calcul de grandeurs inutiles.

Gibbs [1], suivi de Rakowiecki, considére ici un triangle ayant pour côtés $n_1 r_1$, r_2, $n_3 r_3$, dont les angles sont $2f_1$, $2f_2$, $2f_3$. Toutefois, la somme des deux côtés de ce triangle différant peu du troisième côté, ces angles se déterminent mal, et les formules ne sont pas suffisamment simples.

Veithen [2], suivi de Merton, fait dépendre la solution *arithmométrique* d'une certaine quantité $\mu^2 = r_1 r_3 + x_1 x_3 + y_1 y_3 + z_1 z_3$, se qui constitue, à notre avis, un progrès réel, bien que les calculs restent un peu laborieux. Si l'on arithmométrise cependant jusqu'au bout les formules de la détermination des orbites, on est conduit à rechercher, comme grandeur fondamentale, $\sin^2 \frac{1}{2} g$, qui dépend directement, à son tour, de la quantité l de Gauss. Or le procédé de Veithen donne l, qui est une quantité petite du second ordre, comme différence de deux quantités finies, et, par conséquent, la précision du résultat en souffre.

Voici maintenant une nouvelle solution de la difficulté. En posant $r_1 + r_3 = 2r$, calculons

$$(1) \qquad \sin\gamma = \sqrt{(x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2 + (z_3 - z_1)^2} : 2r.$$

Ce calcul simple, dans lequel on peut d'ailleurs s'aider de Tables des carrés, nous transporte d'un coup *in medias res* du calcul classique du rapport secteur : triangle, parce que l'angle γ obtenu est bien l'angle connu γ d'Encke [3] donnant les auxiliaires de Gauss par les équations

$$(2) \qquad m = \tau^2 \sec^3\gamma : (2r)^3, \qquad l = \sin^2 \frac{1}{2}\gamma . \sec\gamma.$$

La formule (1), appliquée aux trois triangles, peut donc servir à remplacer la détermination de l_1, l_2, l_3, $\operatorname{tang} b_1$, $\operatorname{tang} b_2$, $\operatorname{tang} b_3$, ☊, i, u_1, u_2, u_3 de la méthode des Traités classiques.

Dans le procédé employé habituellement [4], on obtient immédiatement

---

(1) *On the determination of elliptic orbits*, Washington, 1889 (*National Academy of Sciences*, vol. 4).

(2) *Über die Verwendung der Rechenmaschine bei der Bahnbestimmung*, p. 13, Leipzig, Breitkopf-Härtel, 1912.

(3) *Über die Bestimmung einer elliptischen Bahn* (*Berl. Astr. Jahrbuch*, 79, 1854, p. 348).

(4) Voir par exemple G. STRACKE, *Bahnbestimmung*, p. 113, Berlin, J. Springer, 1929.

n_1 et n_3 pour vérifier ces calculs, en particulier, les angles $2f$ qui en résultent. Dans l'emploi de la formule (1) on atteindrait un but analogue, soit à l'aide des aires des triangles en fonction des coordonnées de leurs sommets, soit, mieux, à l'aide de la formule

$$r_1 r_3 \sin 2f = r^2 \sin 2\gamma \cos\beta, \tag{3}$$

où β est une autre et importante quantité auxiliaire, définie, en principe, par l'équation

$$\sin\beta = (r_3 - r_1) : s, \tag{4}$$

en désignant par s la corde.

Si toutefois on modernise entièrement la détermination de l'orbite d'après deux positions héliocentriques, l'angle $2f$, qui, jusqu'ici et dans cette question, jouait un rôle fondamental dans toutes les méthodes, n'y intervient plus, ainsi que nous le montrerons ultérieurement.

CHALEUR. — *Sur la température d'ébullition de l'éthanol.* Note de MM. **W. Swietoslawski**, **A. Zmaczynski** et **J. Usakiewicz**, présentée par M. G. Urbain.

MM. J. Barbaudy et Lalande [1] trouvent, pour la température d'ébullition de l'éthanol, pur 78°,385 (760mm Hg). Comme cette valeur diffère considérablement de celle qu'on cite le plus souvent (78°,30), nous avons entrepris une nouvelle détermination de cette constante.

Trois échantillons d'éthanol ont été examinés. Le premier a été préparé par une distillerie, les deux autres échantillons ont été préparés par nous-mêmes; nous avons fait usage de deux méthodes. La première consistait à déshydrater l'éthanol par une distillation azéotropique avec du benzène, la deuxième était au fond la même, mais elle comportait le sulfure de carbone comme agent azéotropique. Les distillations ont été exécutées à l'aide d'une colonne de rectification de Swietoslawski dans une atmosphère d'azote. On a recueilli des fractions dans des limites de ±0°,001 et ±0°,002. Pour mesurer la température d'ébullition nous avons fait usage de deux ébullioscopes différentiels, l'un muni d'un déflegmateur, l'autre d'une colonne de rectification à 14 boules. On s'est servi d'un thermomètre à

---

[1] J. Barbaudy et A. Lalande, *Ann. Comb. liq.*, 5, p. 1930, 795.

résistance avec un pont Smith. Ce thermomètre a été comparé avec les thermomètres étalons du Bureau international des Poids et Mesures. Nous avons employé la méthode des mesures comparatives, l'eau était employée comme étalon primaire, l'azéotrope (C^2H^5OH, H^2O) comme étalon secondaire.

Le tableau contient les résultats obtenus à l'aide de l'ébullioscope différentiel muni d'un rectificateur à 14 boules et ceux obtenus au moyen de l'ébullioscope muni d'un déflegmateur. On a mesuré chaque fois la température d'ébullition t_1 et celle de condensation t_2. Il est clair que la différence $t_1 - t_2$ était considérablement plus grande lorsqu'on employait l'ébullioscope avec le rectificateur.

TABLEAU.

Échantillons.	Distillerie des Deux-Sèvres.	Déshydraté par l'action d'un agent azéotropique. C^6H^6.	Déshydraté par l'action d'un agent azéotropique. CS^2.
Temp. d'ébullition t_1 (760mm Hg).	78.320	78.318	78.319
Différence $t_1 - t_2$ (ébullioscope avec rectificateur à 14 boules.	0°,007-0°,010	0°,009-0°,014	0°,007-0°,008
Différence $t_1 - t_2$ (ébullioscope avec déflegmateur normalisé.	0°,001	0°,001	0°,001
Densité à 25°	0,78518	0,78525	–
Indice de réfraction à 15°; He 5876 Å	1,36344	1,36333	–

On voit que tous les trois échantillons ont pratiquement la même température d'ébullition, considérablement plus basse que celle qu'ont trouvée MM. Barbaudy et Lalande. A en juger d'après les mesures de la différence $t_1 - t_2$, les échantillons peuvent être considérés comme très purs. Les petites quantités d'impureté exercent dans tous les cas la même influence sur la différence entre le point d'ébullition et le point de condensation.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un point de stabilité du potentiel d'une électrode isolée d'une lampe triode.* Note de M. **G.-A. Beauvais**, présentée par M. G. Ferrié.

Si l'on isole une des électrodes d'une lampe triode et qu'on charge l'autre électrode à un potentiel plus élevé que celui du filament, par exemple plusieurs centaines de volts dans le cas de la lampe type Télégraphie Militaire, l'électrode isolée peut prendre deux potentiels différents pour lesquels il

existe un équilibre stable. L'un de ces potentiels est voisin de celui du filament et l'autre est assez voisin de celui de l'électrode maintenue à haute tension, mais toujours inférieur à celle-ci.

L'expérience se fait aisément en interposant un électromètre entre le filament et l'électrode isolée, et en portant cette électrode pendant un temps très court à un potentiel quelconque, tout en regardant comment l'électromètre se fixe lorsqu'on isole l'électrode.

Pour étudier le phénomène, on trace les courbes caractéristiques des lampes en les prolongeant jusque dans la région des tensions élevées. On constate ainsi que la caractéristique du courant grille en fonction de la tension grille commence par monter pour de faibles tensions de grilles puis redescend, traverse l'axe des abscisses, passe par un minimum et remonte rapidement en retraversant cet axe lorsque la tension de grille se rapproche de celle de la plaque.

C'est à ce point que se fixera de lui-même, et d'une façon stable, le potentiel de la grille isolée, car une augmentation ou une diminution de potentiel à partir de ce point entraînera, d'après la forme des courbes caractéristiques, un apport de charge à la grille qui tendra à faire diminuer ou augmenter le potentiel de celle-ci.

Par un raisonnement analogue on verrait que le premier point de rencontre de la courbe et de l'axe correspond à un équilibre instable.

De même la caractéristique de courant plaque en fonction de la tension plaque présente une forme analogue, elle traverse deux fois l'axe des abscisses en passant par un minimum, le premier point correspond à un équilibre instable et le second à un équilibre stable du potentiel de la plaque isolée amenée en ces points.

Dans les deux cas, c'est aux environs des points d'équilibre instable que l'on doit se placer pour obtenir des oscillations électriques de la lampe dans un circuit oscillant monté en dynatron.

Ces phénomènes et l'allure de ces courbes peuvent s'expliquer, soit par une émission d'électrons secondaires par le choc des électrons émis par le filament qui viennent frapper l'électrode au plus haut potentiel, ces électrons secondaires atteignent ensuite les deux autres électrodes et notamment l'électrode isolée, soit encore par l'ionisation du gaz résiduel de la lampe et la création de charges positives qui, entraînées par le champ électrique, atteignent les électrodes de potentiel inférieur à l'anode la plus chargée.

Voici quelques nombres obtenus avec une lampe triode universelle Fotos. Le potentiel stable de la grille isolée est de :

450 volts pour la plaque maintenue à 550 volts;
650 volts pour la plaque maintenue à 700 volts;
800 volts pour la plaque maintenue à 900 volts.

Le potentiel stable de la plaque isolée est de :

600 volts pour la grille maintenue à 750 volts;
808 volts pour la grille maintenve à 900 volts.

Il n'y a pas de potentiel stable de la plaque autre que zéro pour une tension de grille inférieure à 500 volts.

ÉLECTRONIQUE. — *Production d'ions positifs de vitesse élevée par accélérations multiples.* Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. M. de Broglie.

1. La production d'ions positifs homogènes dont l'énergie atteindrait plusieurs millions d'électrons-volts est d'importance capitale pour la connaissance des noyaux atomiques. L'accès du domaine nucléaire est en effet défendu par une barrière de potentiel dont la crête est de l'ordre d'une dizaine de millions de volts : seuls jusqu'ici, les projectiles radioactifs rapides (rayons α) ont pu la traverser. On augmenterait d'une manière appréciable la probabilité de passage en utilisant des énergies corpusculaires supérieures à 10^7 volts. Il n'est pas douteux que l'intrusion dans le noyau de corpuscules animés de telles vitesses y apporterait d'importantes modifications, telles que : *a*. transmutation d'éléments; *b*. excitation de radiations secondaires (gamma ou corpusculaires) dont l'étude renseignerait sur les niveaux d'energie nucléaire; *c*. libération de l'énergie intra-nucléaire, résultat d'utilité générale incontestable.

En second lieu, il semble ainsi possible de mettre en œuvre des densités de radiation corpusculaire bien supérieures à celles réalisables avec les préparations à rayonnement α les plus actives : un courant de 10^{-8} A d'ions accélérés correspondrait en effet à l'émission en corpuscules α d'une préparation de polonium de $4,5.10^6$ U. E. S.

2. Des essais encourageants ont été faits pour la production de tensions extrêmement élevées et leur application *directe* à un tube à vide où se pro-

duit l'accélération des corpuscules : il semble toutefois très difficile de dépasser ainsi 10^6 volts.

Un procédé différent consiste à n'utiliser qu'une tension initiale u faible (10 à 20 kilovolts) mais à obliger le corpuscule à un retour périodique dans le champ électrostatique de manière à lui imprimer, après n multiplications, l'énergie qui correspondrait à une tension, très élevée, $n \times u$. Ce résultat ne peut être obtenu qu'avec une tension u *alternative* établie entre des cages de Faraday dans l'intérieur desquelles le corpuscule devra se trouver au moment du changement de signe de la tension : ceci est réalisable avec des ondes radioélectriques courtes ($\lambda \leqq 100^{\text{m}}$).

Ce principe a été expérimenté en premier lieu par Wideroë ([1]). Récemment Lawrence et Sloan en ont fait une remarquable application aux ions lourds ([2]). Je voudrais exposer ici les recherches que j'ai faites indépendamment sur ce sujet en 1931.

3. *Dispositif expérimental.* — La figure représente une partie du tube établi pour l'accélération des ions positifs : ceux-ci sont produits dans un ballon sphérique muni d'une anode a refroidie, d'une cathode c refroidie et percée axialement d'un long capillaire de 12^{cm} qui maintient une surpression dans la chambre de décharge et définit un pinceau étroit de rayons positifs. Ce faisceau est dirigé dans l'axe d'un long tube cylindrique en verre, constamment évacué par une pompe moléculaire, et qui renferme le dispositif d'accélérations multiples : les ions passent dans une série de tubes cylindriques (cages de Faraday) connectés alternativement (e, e) aux extrémités d'une bobine couplée au circuit oscillant d'une triode de 800 watts. La longueur l_n d'un quelconque des tubes doit croître proportionnellement à la vitesse acquise précédemment par l'ion. Si u_0 désigne la tension appliquée à l'ampoule productrice, et u la tension de crête de l'onde alternative (en kv) ; k le rapport $u : u_0$; A la masse atomique du gaz de l'ampoule ; $l_1, \ldots, l_n$ les longueurs des tubes $1, 2, \ldots, n$; λ la longueur d'onde nécessaire à la synchronisation, on a :

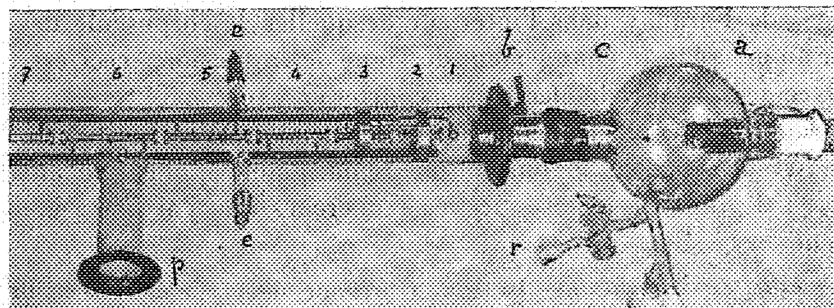
$$l_n : l_1 = (1 + nk : 1 + k)^{\frac{1}{2}}, \qquad \lambda = 1370\, l_1\, (\text{A} : u_0 + u)^{\frac{1}{2}}.$$

Pour déterminer la vitesse acquise par les ions après leur passage dans les accélérateurs, ceux-ci sont déviés dans un champ magnétique et reçus sur une électrode excentrée connectée à un galvanomètre sensible. A cet effet, l'extrémité du tube cylindrique est disposée entre les pôles d'un électro-aimant puissant (9000 gauss sur un diamètre 20^{cm}; dans l'entrefer $5^{\text{cm}},5$).

([1]) R. Wideroë, *Arch. f. Elektrotech.*, 21, 1929, p. 387.

([2]) Lawrence et Sloan, *Proc. Nat. Acad. Wash.*, 17, 1931, p. 64 ; *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 2021.

Un profil approprié est donné aux extrémités en regard des tubes de manière à ramener vers l'axe les ions qui tendraient à s'en éloigner. Nous avons opéré avec les ions de l'hydrogène (H^+, H_2^+) et du mercure (λ de 15 à 200^m) : le courant d'ions accélérés atteignait 10^{-9} à 10^{-8} A. La principale difficulté rencontrée est de maintenir une tension u élevée entre accélérateurs dont la capacité n'est pas négligeable. Malgré la faible puissance de



notre triode, nous avons obtenu les tensions suivantes : onde d'une centaine de mètres, $u = 13$ kilovolts (avec 11 accélérations, nous recevions des ions de H_g^+ de 145 kilovolts); onde d'une vingtaine de mètres, $u = 7$ kilovolts. Pour tourner cette difficulté, nous avons tenté l'utilisation d'*ondes amorties :* nous obtenions $u = 39$ kilovolts entre tubes sur $\lambda = 100^m$, mais l'amortissement important ne nous a pas permis de réaliser la synchronisation.

4. *Discussion.* — L'accélération multiple des ions est réalisable avec les moyens ordinaires des laboratoires. Il semble toutefois que si l'on recherche des énergies cinétiques comparables à celles des rayons α, on devra augmenter le nombre n des accélérateurs dans de grandes proportions : l'appareil atteindrait une longueur d'une dizaine de mètres; en outre, il conviendrait de mettre en œuvre des puissances oscillantes considérables, atteignant peut-être 100 kilowatts. Pour éviter ces difficultés, j'ai expérimenté une autre méthode d'accélération de corpuscules.

RAYONS X. — *Spectrographe lumineux par transmission de rayons X non canalisés à travers un mica courbe.* Note (1) de Mlle Y. Cauchois, présentée par M. J. Perrin.

La souplesse des feuilles minces de mica a été utilisée pour la réalisation de spectrographes à rayons X dans lesquels la réflexion sélective du rayon-

(1) Séance du 18 janvier 1932.

nement incident, canalisé ou non, se faisait sur les plans de clivage principaux (001), incurvés suivant des cylindres [1]. La méthode décrite ci-dessous, dans laquelle les spectres X se forment après transmission d'un rayonnement non canalisé *à travers* un mica courbe, utilise, au contraire, les réflexions sélectives sur les autres plans réticulaires, plus ou moins inclinés sur les plans de clivage [2].

Le faisceau X, grossièrement délimité, tombe sur la face *convexe* d'une feuille de mica courbée suivant un cylindre circulaire. Pour une orientation du mica dans son support telle que l'axe de courbure soit parallèle à l'intersection des plans (001) avec les plans réticulaires sur lesquels ont lieu les réflexions, on obtient des spectres nets sur un film enroulé sur un *cylindre de focalisation* tangent au mica et de courbure double.

La théorie complète du mécanisme de formation du spectre se fait aisément. La figure ci-dessous suffit à l'éclaircir.

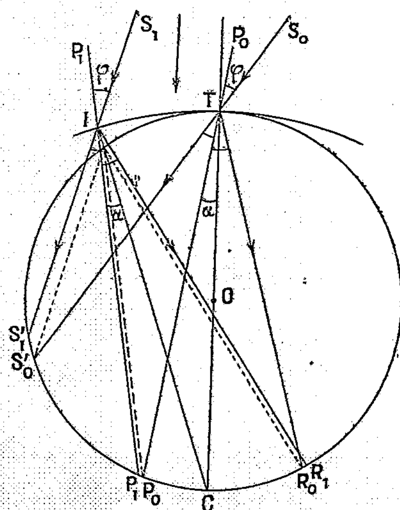


Fig. 1.

La figure 1 représente une coupe suivant un plan normal à l'arc de courbure du mica. Pour une longueur d'onde λ, seuls seront diffractés, sur les plans P inclinés de

(1) Pour la réflexion sur face convexe après passage à travers une fente, voir DE BROGLIE et LINDEMANN, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 944; H. ROHMANN, *Phys. Zeits.*, 15, 1914, p. 510. Pour la réflexion sur face concave sans canaliseur, voir H. H. JOHANN, *Zeits. f. Phys.*, 69, 1931, p. 185; voir aussi R. DARBORD, *Journ. de Phys.*, 3, 1922, p. 218.

(2) Pour la structure des micas, voir CH. MAUGUIN, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 879; CH. MAUGUIN et L. GRABER, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1131.

α sur les normales au cercle C, les rayons incidents auxquels correspondront des réfléchis faisant avec ce cercle un angle constant égal à $90° - (\varphi_n - \alpha)$, où φ_n est défini par l'équation de Bragg

$$n\lambda = 2(d_P)_n \sin\varphi_n.$$

La figure montre que l'image formée sur le cercle O s'étale sur un très petit arc R_0R, dont la longueur ne dépend que de l'ouverture angulaire utile du mica, et présente un bord net en R_0 vers les courtes ondes. Une raie est ainsi obtenue d'autant plus fine qu'elle se forme plus près du centre et que l'ouverture du cristal est plus faible. Pour le cas particulier $\varphi = \alpha$ on aurait une image ponctuelle en C. Pratiquement l'épaisseur du mica entraîne un élargissement de l'image.

Pour un même ordre n, la distance linéaire sur le film de deux raies λ_1 et λ_2 est égale à

$$R(\varphi_{1n} - \varphi_{2n}),$$

où R est le rayon de courbure du mica, avec

$$n\lambda_1 = 2(d_P)_n \sin\varphi_{1n}, \qquad n\lambda_2 = 2(d_P)_n \sin\varphi_{2n}.$$

Les distances réticulaires d_P qui interviennent ici sont notablement inférieures à celles relatives aux plans (001), d'où une dispersion plus grande, pour un même ordre que dans les méthodes par réflexion.

Un spectrographe se réalise très simplement sur ce principe. Les seuls réglages qu'il comporte sont :

a. Orientation du mica dans son support cylindrique.

b. Réalisation du parallélisme des axes de courbure du film et du cristal.

c. Mise en place du film sur le cylindre de focalisation ; ce dernier réglage peut être assez lâche sans qu'il s'ensuive un élargissement notable des raies. On peut même remplacer le film par une plaque tangente au cylindre de focalisation.

Un tel spectrographe doit faciliter, vu sa grande simplicité de réglage et sa lumino-

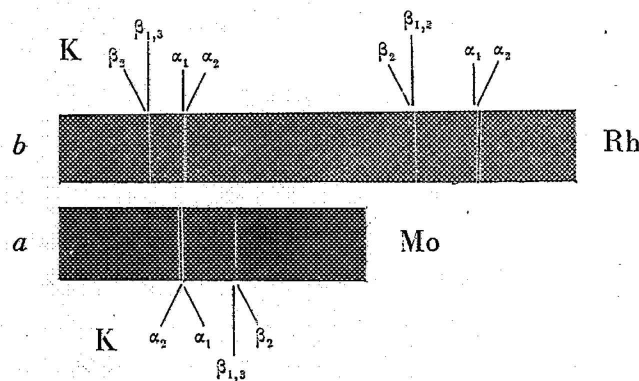


Fig. 2.

sité, l'analyse chimique par rayons X et l'étude des rayonnements faibles (émission, fluorescence, effet Compton, bandes d'absorption), et semble particulièrement adapté à l'étude des *sources larges*. Il se rapproche par là de l'intéressant mais délicat mon-

tage réalisé par Kirkpatrick et du Mond [1] à l'aide d'une cinquantaine d'éléments, dont chacun constitue un spectrographe de Seemann, disposés sur un cylindre; ainsi que de celui de Johann [2] qu'il complète vers les courtes ondes et sur lequel il présente l'avantage d'un meilleur pouvoir séparateur.

Dans la figure 2 on a reproduit à titre d'exemples : *a*. un spectre K du molybdène sur plaques Lumière violettes (2 minutes de pose) à l'aide d'un tube fonctionnant sous 40 kV, 10 mA et d'un mica de courbure 20^{cm}, largeur utile 3^{mm}, épaisseur $0^{mm},28$.

b. Deux ordres du spectre K du rhodium sur plaque « Micro », pose 4 minutes avec même régime. Pour l'un des ordres, la dispersion moyenne est 14 U.X. par millimètre; pour l'autre, 8 U.X. La largeur des raies correspond à $\frac{1}{3}$ U.X. β_1 et β_3 sont séparées.

Ces spectres montrent ce que l'on peut obtenir par cette méthode à l'aide d'un montage très sommaire.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. — *L'astigmatisme du pinceau oblique réfracté par le dioptre sphérique*. Note [3] de M. **Marcel Dufour**, transmise par M. P. Weiss.

Quand un point lumineux objet P se déplace sur un rayon incident par rapport à un dioptre sphérique de centre O, de rayon R et d'indice n, le point focal sagittal P_s et le point focal tangentiel P_t se déplacent sur le rayon réfracté correspondant. A toute position de P correspondent pour P_s et P_t des positions bien déterminées, et les séries des points P_s et P_t étant conjuguées d'une même série de points P, sont conjuguées entre elles. Les points conjugués P_s et P_t coïncident pour les points de Bravais, et le segment P_sP_t s'annule en changeant de signe quand P vient au point d'incidence ou quand P coïncide avec le point stigmatique objet situé sur la droite passant par P et O à une distance de O égale à $(n+1)R$; P_sP_t a le signe moins pour tous les points extérieurs à la circonférence de centre O et de rayon $(n+1)R$, et le signe plus pour tous les points intérieurs à cette circonférence.

Considérons un point A se déplaçant sur un axe AO et proposons-nous de déterminer la valeur de la distance B_sB_t des points focaux correspondant au rayon incident AI. Soient h la distance du point I à AO, i l'angle d'incidence, ω l'angle que fait AI avec la droite qui joint le point d'incidence au point stigmatique objet situé sur AO, et a la distance de A au sommet

---

(1) J. du Mond et H. Kirkpatrick, *Phys. Rev.*, 35, 1930, p. 136.

(2) H. H. Johann, *loc. cit.*

(3) Séance du 18 janvier 1932.

S du dioptre. B_sB_t s'annule en passant de — à + quand A, d'abord extérieur passe par S ($a = 0$), et en passant de + à — quand le point A, continuant à s'éloigner de S, passe par le point stigmatique objet ($\omega = 0$). Les deux points focaux coïncident encore quand A vient en O, mais, pour des positions de A voisines et situées de part et d'autre de O, B_sB_t conserve toujours le signe +.

La longueur h étant prise pour infiniment petit principal, i et ω sont des infiniment petits du premier ordre. Cherchons la valeur de B_sB_t en négligeant les infiniment petits d'ordre supérieur au second. B_sB_t ne dépend que de n, a, R et h; d'après ce qui précède, B_sB_t contient en facteur le produit $ai^2\omega$, et nous pouvons écrire $B_sB_t = ai^2\omega f(n, a, R, h)$. Cette fonction f doit d'ailleurs satisfaire à certaines conditions :

1° B_s et B_t pouvant s'obtenir par la construction projective de Lissajous, f est une fonction rationnelle ([1]).

2° Si a, R et h sont multipliés par un même facteur λ, B_sB_t doit évidemment se trouver multiplié par λ, et f une fonction homogène de degré 0 en a, R et h.

3° L'aberration n'étant ni nulle ni infinie pour toute valeur de a dans le cas du dioptre plan ($R = \infty$), f ne contient R ni au numérateur ni au dénominateur. Nous pouvons donc écrire $f(n, a/h)$.

Pour déterminer f prenons le cas du dioptre plan où les points focaux sont donnés par les relations

$$\frac{n}{b_s} = \frac{1}{a} \quad \text{et} \quad \frac{n\cos^2 i'}{b_t} = \frac{\cos^2 i}{a},$$

d'où

$$b_s - b_t = na\frac{\cos^2 i - \cos^2 i'}{\cos^2 i} = na\frac{\sin^2 i' - \sin^2 i}{1 - \sin^2 i},$$

ce qui, quand les angles sont infiniment petits, se réduit à

$$b_s - b_t = -na(i^2 - i'^2) = -\frac{n^2 - 1}{n}ai^2,$$

La fonction f est alors donnée par l'équation

$$ai^2\omega f = -\frac{n^2 - 1}{n}ai^2,$$

(1) M. Dufour, *Sur l'astigmatisme du pinceau réfracté par un dioptre sphérique* (*Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1008).

d'où

$$f = -\frac{n^2-1}{n}\frac{1}{\omega}.$$

Pour le dioptre plan, ω est égal à i et a pour valeur principale $\frac{h}{a}$, donc

$$f = -\frac{n^2-1}{n}\frac{a}{h}.$$

Par suite, la valeur de B_sB_t, dans le cas où R est quelconque, est

$$B_sB_t = -\frac{n^2-1}{n}a^2\frac{i^2\omega}{h},$$

En remplaçant i et ω par leurs valeurs principales

$$i = h\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{R}\right) \quad \text{et} \quad i = h\left(\frac{1}{\alpha} - \frac{1}{(n+1)R}\right),$$

on obtient la formule classique qui se trouve ainsi établie avec la plus grande simplicité de calcul (¹).

POLARISATION ROTATOIRE. — *La rotation du naphtylène bisiminocamphre et la théorie de M. Werner Kuhn.* Note de M. **J.-P. Mathieu**, présentée par M. A. Cotton.

M. W. Kuhn a bien voulu me signaler qu'une erreur importante due au choix des unités s'était introduite dans le calcul des paramètres théoriques dont j'ai donné la valeur (²). Les données expérimentales demeurent sans modification. Mais le calcul correct montre que le facteur d'anisotropie de la bande forte étudiée est faible, et l'on trouve pour d la valeur normale $2{,}25.10^{-8}$. L'opposition que j'avais cru trouver entre les nombres calculés d'après mes expériences et la théorie de M. W. Kuhn n'existe donc pas.

(¹) M. Dufour, *La condition de Gullstrand et la courbe de Tscherning* (*Ann. d'Oculistique*, 160, 1923, p. 609) et *L'astigmatisme du pinceau réfracté par un dioptre sphérique* (*Ann. d'Oculistique*, 167, 1930, p. 993).

(²) J.-P. Mathieu, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 268.

POLARISATION ROTATOIRE. — *Dispersion rotatoire, dans l'ultraviolet, des pinènes α et β en solution dans l'alcool éthylique.* Note de M. **Roger Servant**, présentée par M. A. Cotton.

La dispersion rotatoire, dans l'ultraviolet, des pinènes α et β purs, avait été étudiée par M. Darmois ([1]) jusqu'à 3132 Å. Nous avons repris l'étude de ces corps, cette fois en solution dans l'alcool éthylique. Un tel solvant, inactif, est transparent dans la région ultraviolette étudiée et l'on peut plus facilement, sans réduire l'épaisseur des cuves, faire des mesures pour des radiations de plus courtes longueurs d'ondes, inférieures à 3132 Å, sur les pinènes en solution dans ce solvant.

Nous avons utilisé pour ces mesures, le spectro-polarimètre Cotton et Descamps ([2]). Il présentait, sur les autres appareils précédemment utilisés pour les pinènes, l'avantage d'une meilleure sensibilité. Pour chaque solution, nous faisions, en dehors des clichés de zéro, deux séries d'enregistrements : la première, avec des poses de 4 heures, permettait des mesures précises de 4358 Å à 3132 Å ; la deuxième, avec des poses de 6 à 8 heures, et une fente modifiée pour avoir plus de lumière (cela, aux dépens de la netteté du cliché), permettait les mesures sur les raies du spectre du Hg situées au delà de 3132 Å, qui étaient, dans ces conditions, mieux marquées sur le film.

Nous analysions les clichés au microphotomètre Chalonge et Lambert.

Nous avons pu ainsi faire des mesures d'une bonne précision (1′ à 2′) de 4358 Å à 3132 Å, et d'une précision moindre (2′ à 4′) de 3132 Å à 2804 Å. Au delà, pour les raies 2698 et 2652, très absorbées, nous avons pu relever des indications, mais d'une précision très nettement inférieure.

Voici les résultats obtenus :

Pinène α. — Après plusieurs essais, nous nous sommes arrêtés à la concentration de 1^{vol} de pinène pour 11^{vol} d'alcool qui nous a paru la meilleure pour l'épaisseur employée.

Pour une température de 17° et une longueur de cuve polarimétrique de $16^{mm},69$ nous avons obtenu :

([1]) Cf. E. Darmois, *Ann. de Ch. et de Ph.*, 22, 1911, p. 581.

([2]) Cf. A. Cotton et R. Descamps, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 22, et R. Descamps, *Rev. Opt.*, 5, 1926, p. 481.

I.....	4358.	4046.	3650.	3341.	3132.	3021.	2967.	2893.	2804.	2698.	2657.
II....	−65 (liq. lévogy.)	−77,5	−99	−130	−155	−172	−177	−180	−188	−158	−147

I = longueurs d'ondes en Å; II = rotations en minutes.

Ces nombres ([1]) montrent que jusqu'à 2804 Å il y a un accroissement de plus en plus rapide des pouvoirs rotatoires. M. Darmois en avait d'ailleurs signalé le début pour le pinène pur.

On voit qu'au delà de 2804 Å région où l'absorption devient de plus en plus forte, le pouvoir rotatoire passe par un minimum.

Pinène β. — Pour la concentration de 1^{vol} de pinène dans 15^{vol} d'alcool, et $t = 17°$ et $l = 16^{mm},69$ nous avons trouvé :

I......	4358.	4046.	3650.	3341.	3132.	3021.	2967.	2893.	2804.	2698.	2652.
II.....	−9,2	−5,7	+4,7	+23	+51	+75	+92	+100	+122	−8	−37

I = longueurs d'ondes en Å; II = rotations en minutes.

Il y a donc de 3650 à 2804 une augmentation de plus en plus rapide de la rotation. M. Darmois avait d'ailleurs signalé, pour le pinène pur, le début de cette partie ascendante. Nous voyons de plus, qu'au delà de 2804 Å — région où l'absorption devient de plus en plus forte — le pouvoir rotatoire passe par un maximum très abrupt et qu'il change ensuite à nouveau de signe.

D'autre part, pour achever de situer cette anomalie de pouvoir rotatoire, il faut faire des mesures dans le visible, où s'observe, comme l'a signalé Darmois, un minimum de pouvoir rotatoire. Avec un polarimètre muni d'un analyseur de Lippich, nous l'avons observé effectivement, comme dans le cas des pinènes purs. Nous avons en effet trouvé, en rapportant après coup les chiffres à $l = 16,69$:

Longueurs d'ondes en Å..........	5890.	5780.	5461.	4917.	4358.
Rotations en minutes........	−9′,6	−9′,7	−10′	−10′,6	−9′,2

Nous nous proposons d'étudier, en particulier pour le pinène β (en solution alcoolique), le dichroïsme circulaire qui probablement accompagne l'anomalie de rotation due à l'absorption.

([1]) On peut compléter ces nombres par des mesures dans le visible qui ont donné (après réduction à l'épaisseur $l = 16^{mm},69$ de substance traversée) :

5890.	5780.	5460.	4917.	4358.
−32′,6	−34,2	−38,7	−48,7	−65,2

RADIOACTIVITÉ. — *Chambres d'ionisation de très petites dimensions destinées à la mesure locale du rayonnement gamma.* Note (¹) de M. **Lucien Mallet**, présentée par M. Ch. Fabry.

Il est souvent nécessaire, dans les applications biologiques de la radioactivité, de connaître le rayonnement reçu en divers points par les tissus ou les milieux exposés aux radiations. On utilise dans ce but des chambres d'ionisation reliées par conducteurs à un système électrométrique. Ce genre d'appareil manque généralement de sensibilité, il est sujet à des causes d'erreurs par perte de charge ou d'ionisation parasite. Les chambres détectrices sont souvent trop grandes relativement aux dimensions de la région à étudier. Dans le but d'éviter ces inconvénients j'avais déjà construit en 1923 avec Gaston Danne une chambre d'ionisation sphérique d'un volume de 1^{cm^3} et de très petite capacité. La perte de charge spontanée était négligeable pendant la durée des mesures. Cet instrument permettait l'étude locale du rayonnement, mais il ne pouvait être que difficilement introduit dans les cavités du corps.

J'ai été amené à construire de très petits condensateurs qui, une fois chargés, peuvent être séparés du système de charge (²). Lorsque ces chambres condensatrices ont été exposées au rayonnement, leur perte de charge est mesurée à l'aide d'un électromètre de très petite capacité.

Les chambres condensatrices sont les unes hémisphériques, les autres planes, le diamètre extérieur de la plus petite est de $2^{mm},8$.

Les modèles réalisés sont représentés schématiquement par les figures 1, 2 et 3.

Le petit condensateur se compose d'une enveloppe métallique (cage), dont la partie supérieure contient la chambre d'ionisation, celle-ci peut être hémisphérique ou plane. La partie inférieure qui est tubulaire comporte un filetage permettant de le visser soit sur l'appareil de mesures, soit sur un mandrin souple ou rigide, soit encore sur de simples bouchons protecteurs; cette enveloppe est une des électrodes de la chambre condensatrice. L'autre électrode est à l'intérieur de cette enveloppe, isolée de la paroi

---

(¹) Séance du 11 janvier 1932.

(²) Au moment de la publication de cette Note j'apprends que R. Sievert (*Acta Radiologica*, **12**, II, 15 : IV, 1931, p. 190), s'inspirant du même principe, a proposé des chambres d'ionisation indépendantes du système de mesure, mais de dimensions beaucoup plus grandes.

par de petits canons d'isolant, elle se termine par une queue destinée à la connexion de cette électrode à l'appareil de mesures.

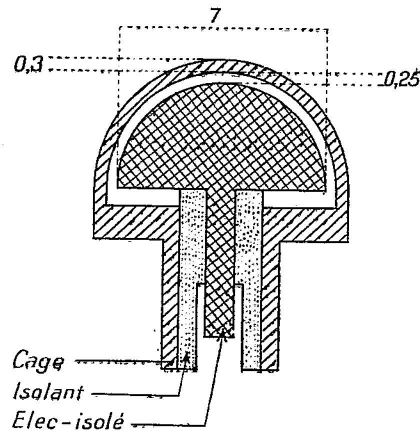


Fig. 1.

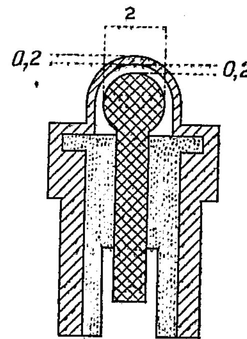


Fig. 2. — Échelle 4/1.

Il existe un petit espace entre les deux électrodes, c'est ce qui constitue la

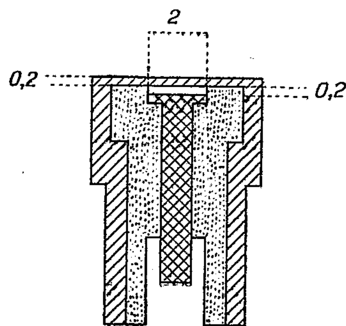
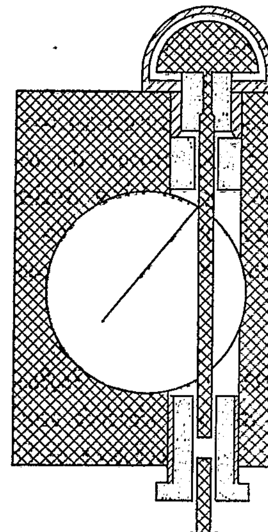


Fig. 3.


Fig. 4. — Échelle 2/1,
Une chambre condensatrice hémisphérique montée sur l'électromètre.

chambre d'ionisation proprement dite. La forme de cet espace peut être une calotte hémisphérique ou celle d'un cylindre de très faible hauteur.

J'utilise comme appareil de mesures un électroscope (*fig.* 4) de très

petites dimensions (ionomicromètre), constitué intérieurement par une petite sphère creuse d'aluminium dont on a enlevé symétriquement par rapport au centre deux calottes pour les remplacer par deux petites lames de verre; le diamètre intérieur de la sphère est de 12^{mm}.

La forme extérieure de l'appareil est cubique. La capacité électrostatique est d'environ 2^{cm}.

Les mouvements de la feuille d'or de l'électroscope sont suivis à l'aide d'un microscope.

Pour la charge, on visse la chambre d'ionisation sur l'électroscope et on la porte à un potentiel convenable au moyen d'une batterie de piles ou d'accumulateurs de 160 volts; la déviation de l'électroscope est lue sur l'échelle. La chambre d'ionisation peut alors être séparée de l'électroscope; on la ferme au moyen d'une pastille d'ambre, et ainsi préparée elle conserve sa charge pendant très longtemps. On peut alors la monter sur une tige rigide ou flexible, et la soumettre en tel point que l'on veut, pendant un temps connu, au rayonnement que l'on veut mesurer. La chambre d'ionisation est reportée sur l'électromètre, qui est resté parfaitement isolé. L'observation du déplacement de la feuille d'or par rapport à la position initiale permet de déterminer la perte de charge, et par suite l'intensité du rayonnement reçu. L'isolement est si parfait que la perte de charge spontanée pendant la durée d'une mesure est pratiquement négligeable.

La petitesse de la chambre d'ionisation et son indépendance complète par rapport à l'instrument de mesure permettent de mesurer le rayonnement reçu en une région bien définie. La chambre d'ionisation peut être portée dans l'intérieur des cavités ou des tissus, pour déterminer l'intensité du rayonnement réellement agissant.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la diphénylamine, de l'aniline et de certains de ses dérivés sur la biréfringence des nitrocelluloses.* Note de MM. **A. Michel-Levy** et **H. Muraour**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons précédemment montré (*Comptes rendus*, 189, 1929, p. 1192,) que l'on pouvait appliquer à l'examen des poudres colloïdales la relation qui existe entre le taux d'azote des nitrocelluloses et les phénomènes de biréfringence que présentent les fibres examinées au microscope polarisant; l'allongement des fibres a le signe positif pour un taux d'azote inférieur à 11,7, négatif pour un taux d'azote supérieur.

Les poudres que nous avions examinées étaient des poudres à la nitroglycérine additionnées de centralite, mais ne contenant pas de diphénylamine.

Nous avons continué l'étude par l'examen de poudres à la nitrocellulose. A notre surprise, le radoubage par l'alcool et la *diphénylamine* de poudres américaines à la nitrocellulose, à taux d'azote supérieur à 11,7 et à fibres initialement négatives, a eu pour effet de rendre positif le signe d'allongement de ces fibres.

Pour expliquer ce fait qui pouvait éveiller un doute sur la constance de la relation indiquée ci-dessus, nous avons observé directement sous le microscope l'action de la diphénylamine dissoute dans l'alcool sur la poudre américaine en coupes minces de 30μ d'épaisseur; dès que la concentration par évaporation de l'alcool approche de la saturation, la biréfringence passe par zéro, puis s'accroît considérablement et l'on constate qu'il y a inversion du signe d'allongement des fibres qui, de négatives, deviennent positives; si l'on dilue de nouveau par addition d'alcool, la biréfringence décroît et le signe redevient négatif; *le phénomène est réversible.*

Nous avons soumis à la même expérience d'autres poudres à taux d'azote variés : poudre à la nitroglycérine préparée à l'acétone, poudre du type sans dissolvant à 9 pour 100 de centralite, poudre à la nitrocellulose (poudre B à 40 pour 100 de soluble), et divers cotons plus ou moins nitrés (CP d'origine hollandaise à 13,8 pour 100 — CP à 11 et à 12 pour 100 d'azote). Dans tous les cas, nous avons constaté une déformation de l'ellipsoïde des indices dans le même sens et le même retour à l'état antérieur par dilution.

Nous avons recherché si d'autres corps avaient des effets similaires.

L'*aniline* se comporte comme la diphénylamine; ses effets semblent même plus rapides sur certaines poudres.

La *monoéthylaniline* présente les mêmes réactions, mais avec plus de lenteur; la *diéthylaniline* également, mais plus lentement encore. La basicité de l'amine paraît donc jouer un rôle.

Par contre les essais faits avec la *diéthylcentralite*, le *camphre*, la *phénylurée*, le *tétraméthyldiaminodiphénylméthane*, *l'ammoniaque*, n'ont donné aucune variation de la biréfringence.

Ainsi la diphénylamine, l'aniline, la mono et la diéthylaniline qui semblent par ailleurs sans influence sur la biréfringence de la cellulose, modifient la forme de l'ellipsoïde des indices des nitrocelluloses dans un sens constant; mais cette déformation n'est pas définitive, elle est liée à la présence et à la concentration de ces corps et disparaît par leur dilution.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation catalytique du toluène.* Note de M. **Gaston Charlot**, présentée par M. G. Urbain.

L'oxydation catalytique du toluène aux basses températures donne à la fois les produits de sa combustion totale, CO^2 et H^2O, et des produits d'oxydation partielle, notamment de la benzaldéhyde et de l'acide benzoïque (1).

La proportion de ces divers produits dépend de plusieurs facteurs : nature du catalyseur, température, concentration en toluène et en oxygène, durée de contact, etc., dont l'étude présente plusieurs difficultés. La principale vient de la surchauffe produite par la réaction même qui aboutit souvent à des incandescences locales et à des explosions.

Cet inconvénient est évité lorsqu'on opère sous un faible débit du mélange de toluène et d'air et sur de faibles quantités de catalyseur; mais il faut alors renoncer à doser les produits de la réaction car ils sont en quantité trop petite.

Après avoir essayé sans succès divers procédés, j'ai trouvé une solution du problème dans une méthode indirecte. Elle consiste essentiellement à mesurer l'oxygène utilisé en déterminant, dans les gaz sortants, l'anhydride carbonique et l'oxygène non employé, le résidu gazeux étant constitué par de l'azote.

Ce procédé analytique permet de prélever les échantillons du mélange gazeux dans un temps très court, de l'ordre d'une demi-minute et sous des débits d'air et de toluène assez faibles pour que la surchauffe soit évitée.

Par exemple, on fait un mélange, à proportions connues et constantes, de toluène et d'air. Ce mélange est dirigé sur un catalyseur chauffé à une température connue; puis, à l'aide d'un petit ballon de 30^{cm^3}, préalablement vidé de tout l'air qu'il contient, on prélève, à la sortie du tube de catalyse, un échantillon des gaz de la réaction.

Après dosage de CO^2 et de O^2, on calcule, en prenant pour base l'azote résiduaire qui a traversé la réaction sans changement, la part de l'oxygène qui revient à la combustion totale et celle qui revient à l'oxydation partielle.

---

(1) Woog, *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 124; Maxted, *Journal of the Society of Chemical Industry*, 47, 1928, p. 101; etc.

Catalyseur : Fe^3O^4.
Composition des gaz : 150^{mg} de toluène par litre d'air.
Débit : 0^l,05 par minute.
Volume du catalyseur : 10$^{cm^3}$.

Températures :

75°	175°	275°	385°	490°	530°

Volumes des gaz avant l'analyse; après l'absorption de CO^2; puis après l'absorption de O^2 :

25,15	27,00	28,15	23,70	21,90	25,10
25,15	27,00	28,15	23,70	18,80	19,90
19,90	21,30	22,25	18,75	18,30	19,90

Volumes de CO^2 et de O^2 résiduaires :

0	0	0	0	3,10	5,20
5,25	5,70	5,90	4,95	0,50	0

Volume d'oxygène consommé dans l'oxydation totale d'après la réaction



$$C^6H^5CH^3 + 9O^2 \rightarrow 7CO^2 + 4H^2O :$$

0	0	0	0	4,00	6,70

Volumes de O^2 consommé en combustion totale et de O^2 résiduaire rapportés à 1 litre d'air primitif, c'est-à-dire à 790$^{cm^3}$ d'azote résiduaire :

0	0	0	0	172	206
208	197	188	178	22	0
208	197	188	178	194	206

Oxygène disparu en combustion partielle en prenant 208 à 212$^{cm^3}$ d'oxygène par litre d'air :

0	11	20	30	16	2

Combustion totale pour 100 :

0	0	0	0	86	99

Combustion partielle pour 100 :

0	6	10	15	8	1

J'ai pu étudier ainsi commodément le pouvoir catalytique d'une série d'oxydes et mettre en graphique pour chacun d'entre eux, les pourcentages d'oxydation partielle et d'oxydation totale, en fonction de la température.

Pour tous ces oxydes, l'oxydation partielle du toluène passe par un maximum et devient pratiquement nulle vers 550°. Certains, comme PbO

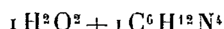
et MnO^2, ne donnent aucune combustion partielle appréciable; tout ce qui est oxydé l'est à l'état de CO^2 et H^2O. Pour d'autres, comme MoO^3, V^2O^5, WO^3, elle est particulièrement élevée. Pour U^3O^8, CdO, le palladium, l'oxydation partielle est faible, même aux basses températures.

Cette méthode paraît applicable, comme moyen d'investigation préliminaire, à de nombreux cas d'oxydation en milieu gazeux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques peroxydes complexes d'hexaméthylènetétramine.* Note de MM. **A. Perret** et **A. M. Krawczynski**, présentée par M. G. Urbain.

L'aptitude de l'eau oxygénée à former des combinaisons d'addition s'observe en chimie minérale d'une façon particulièrement nette avec les mono et diphosphates alcalins comme l'ont montré Menzel et Gaebler (¹). Dans d'autres cas on préfère admettre la formation de peroxyde métallique comme résultat d'une réaction de substitution, bien que le produit isolé soit fortement hydraté, comme le fait Prašek (²) dans le cas des peraluminates alcalins ou alcalino-terreux. La chimie organique présente par contre quelques exemples bien étudiés de formation de produits d'addition par liaison dipolaire parmi lesquels la combinaison d'addition de l'eau oxygénée avec l'urée a acquis une certaine importance pratique.

L'hexaméthylènetétramine possède également le pouvoir de former une combinaison d'addition avec l'eau oxygénée de la forme



$$1\,H^2O^2 + 1\,C^6H^{12}N^4$$

comme l'a montré von Girsewald (³).

Il est vraisemblable que dans la molécule d'eau oxygénée ce sont les atomes d'oxygène qui présentent la saturation coordinative imparfaite conduisant à l'obtention de ces produits d'addition.

Pour vérifier cette hypothèse, nous nous sommes proposé l'étude des conditions de formation de ces produits d'addition de l'hexaméthylènetétramine dans le cas du peroxyde de benzoyle pour utiliser une molécule symétrique, et dans celui du peroxyde de benzoyle et d'acétyle pour mettre en évidence l'effet de sa dissymétrie moléculaire.

(¹) Menzel et Gaebler, *Z. für anorg. Chem.*, 177, 1928, p. 213.
(²) Prašek, *Coll. Trav. Chim. Tchécoslovaquie*, 2, 1930, p. 655.
(³) Von Girsewald, *Ber. d. d. chem. Ges.*, 45, 1912, p. 2571.

Pour caractériser l'ensemble des combinaisons possibles dans ces deux systèmes binaires, il est nécessaire de recourir aux méthodes purement chimiques, car par exemple les propriétés physiques de la base et la stabilité du peroxyde prohibent l'emploi de l'analyse thermique. Nous avons suivi le mode opératoire suivant : Le peroxyde est dissous dans l'alcool absolu ou le chloroforme et la base dans le chloroforme. On évapore rapidement le mélange des deux solutions dans le vide. La combinaison est séparée du résidu solide par extraction au toluène dans lequel la base est insoluble et où la combinaison d'addition se dissout à chaud.

Peroxyde de benzoyle. — En employant pour 1^{mol} de peroxyde, une molécule de base, on obtient finalement un produit cristallisant en paillettes nacrées de P. F. = 135-136° et donnant à l'analyse élémentaire les résultats : C = 63,1 pour 100; H = 6,1 pour 100; N = 15,1 pour 100; conduisant à la formule



$$1(C^6H^5COO)^2 . 1 \text{ Hexa}$$

Exigeant

C = 62,8 pour 100; H = 5,8 pour 100; N = 14,7 pour 100.

Si l'on traite comme plus haut le mélange de 2^{mol} de base pour 1^{mol} de peroxyde, on isole un produit en paillettes fondant en partie vers 136°, mais ne donnant un liquide homogène que vers 189° pour se décomposer vers 193°. L'analyse élémentaire a donné les résultats suivants : C = 60,3 pour 100; H = 7,0 pour 100; N = 20,8 pour 100 correspondant à



$$1(C^6H^5COO)^2 . 2 \text{ Hexa}$$

Exigeant

C = 59,7; H = 6,6 pour 100; N = 21,4 pour 100.

Les mélanges présentant une plus forte proportion de base ou de peroxyde ne nous ont pas conduits à d'autres produits d'addition. D'autre part ceux que nous avons isolés présentent la coloration rouge caractéristique du peroxyde de benzoyle avec l'acide sulfurique concentré en présence de formol.

Peroxyde acétylo-benzoïque. — Par la même méthode en remplaçant le toluène par de l'éther de pétrole, on obtient dans le cas du mélange de 1^{mol} de peroxyde pour 1^{mol} de base un produit cristallin de P. F. 134-135° dont l'analyse élémentaire indique la composition C = 56,4 pour 100; H = 6,1 pour 100; N = 17,2 pour 100, correspondant à $1\,C^6H^5COOOOCCH^3 . 1\,C^6H^{12}N^4$ exigeant C = 56,2 pour 100; H = 6,29 pour 100; N = 17,5 pour 100.

Dans le cas d'un mélange contenant 2^{mol} de base pour 1^{mol} de peroxyde, nous avons isolé un produit s'altérant à 175° et se décomposant à 205°. L'analyse élémentaire lui assigne la composition : C = 54,4 pour 100; H = 7,6 pour 100; N = 28,2 pour 100, conduisant à la formule



$$1\,C^6H^5COOOOCCH^3, 3\,C^6H^{12}N^4,$$

correspondant à

C = 54,0 pour 100; H = 7,38 pour 100; N = 28,0 pour 100.

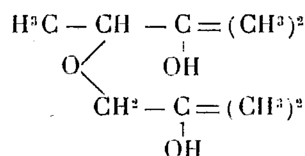
Les variations tentées sur les proportions relatives des constituants des mélanges n'ont également pas conduit à l'obtention d'autres produits d'addi-

tion. Ces résultats sont conformes à notre hypothèse de la saturation coordinative imparfaite des atomes d'oxygène de la molécule d'eau oxygénée et mettent en lumière l'influence de la symétrie moléculaire du peroxyde sur la composition des produits d'addition.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques synthèses de glycols à fonction éther-oxyde.* Note de MM. **Marcel Godchot** et **Maurice Imbert**, présentée par M. M. Delépine.

L'un de nous ([1]) a fait connaître une série de nouveaux glycols à fonction éther-oxyde obtenus par action des organomagnésiens sur le diglycolate d'éthyle et certains de ses homologues, tels que le méthyldiglycolate d'éthyle et l'éthylméthyldiglycolate d'éthyle. Désirant entreprendre certaines recherches sur cette classe de glycols, il nous a paru utile au préalable d'en préparer encore un certain nombre qui sont décrits dans cette Note.

I. Par action de CH^3MgI (5^{mol}) sur le méthyldiglycolate d'éthyle (1^{mol}), suivant la technique habituelle, on obtient l'$\alpha.\alpha_1$-tétraméthyl-β-méthyldiéthylèneglycol



liquide incolore bouillant à 112° sous 10^{mm} :

$$d_{16°,5} = 0,960; \quad n_D^{16°,5} = 1,440; \quad \text{RM trouvée} = 48,32; \quad \text{calculée} = 48,455.$$

Si, au lieu de 5 molécules de CH^3MgI pour une molécule d'éther-sel, on n'emploie que 4 molécules de CH^3MgI, on isole non pas le diol attendu, mais un composé liquide également, bouillant à 108-109° sous 10^{mm} :

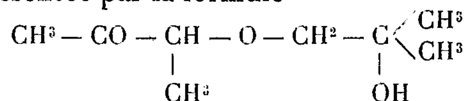
$$d_{15°} = 0,983; \quad n_D^{15°} = 1,435.$$

L'analyse de ce produit ainsi que sa réfraction moléculaire semblent indiquer qu'on obtient un composé $C^8H^{16}O^3$ dont la constitution serait

---

([1]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 820.

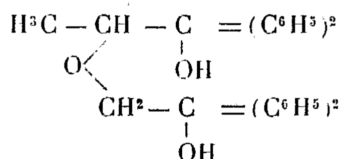
probablement représentée par la formule



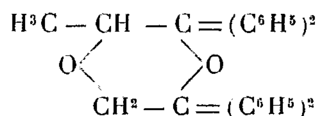
(RM trouvée = 42,56; calculée pour $C^8H^{16}O^3$ = 42,32),

cette substance pouvant avec un excès de CH^3MgI engendrer le diol précédent.

II. Par action de C^6H^5MgBr (4^{mol}) sur le méthyldiglycolate d'éthyle (1^{mol}), on obtient l'$\alpha.\alpha_1$-tétraphényl-β-méthyldiéthylèneglycol :

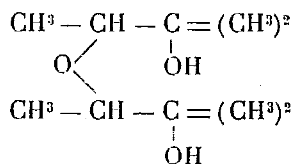


cristallisé en aiguilles incolores solubles dans l'alcool et l'éther de pétrole, fusibles à 94°. Chauffé en milieu acétique pendant quelques heures, il perd une molécule d'eau pour donner le dioxyde de diéthylène-$\alpha.\alpha_1$-tétraphénylé-β-méthylé :



constitué par de longues aiguilles fusibles à 126-127°.

III. Par action de CH^3MgI (5^{mol}) sur le dilactylate d'éthyle (1^{mol}), on isole par cristallisation fractionnée dans un mélange d'éther de pétrole et d'alcool absolu deux glycols cristallisés, l'un, en quantité prédominante, fusible à 76°, et l'autre, en bien moindre proportion, fondant à 56°. Ces deux diols sont les deux variétés $(d+l)$ et i de l'$\alpha.\alpha_1$-tétraméthyl-$\beta.\beta_1$-diméthyldiéthylèneglycol :



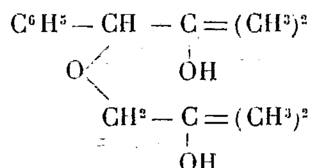
L'un de nous, soit en collaboration avec Jungfleisch, soit plus récemment avec M. Vièles (1), a en effet pu démontrer que le dilactylate d'éthyle

(1) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1430.

obtenu par action de l'α-bromopropionate d'éthyle sur le lactate d'éthyle sodé était formé de 4 parties environ de dérivé $(d+l)$ pour une partie de dérivé i. Le produit fondant à 76° étant le plus abondant serait, par conséquent, le dérivé $(d+l)$, celui qui fond à 56° serait l'inactif par nature.

L'action de C^6H^5MgBr sur le dilactylate d'éthyle nous a fourni également deux composés cristallisés, l'un fusible à 122° et l'autre à 149°.

IV. Par action de CH^3MgI (5^{mol}) sur le phényldiglycolate d'éthyle (1^{mol}), l'$\alpha.\alpha_1$-tétraméthyl-β-phényldiéthylèneglycol :



a pu être isolé. Il est constitué par de belles aiguilles incolores, solubles dans l'éther de pétrole et fusibles à 84°-85°.

L'étude de tous ces produits est poursuivie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les anthraquinonylguanidines.* Note de MM. **M. Battegay** et **H. Silbermann**, présentée par M. M. Delépine.

L'étude des anthraquinonyluréthanes, urées et semi-carbazides, faite par l'un de nous (¹) et étendue aux anthraquinonylguanidines, a posé le problème de la préparation de ces dernières. Nous avons envisagé à cet égard l'action de la cyanamide sur les amino-anthraquinones, qui correspond au mode d'obtention général des arylguanidines, quoique ce mode ait déjà fait autrefois, de la part de Fr. Arndt et B. Rosenau (²), dans le cas qui nous intéresse, l'objet d'essais infructueux. Rappelons que A. Kämpf (³), qui avait été le premier à appliquer cette réaction sur les arylamines primaires et secondaires en les engageant en milieu alcoolique sous la forme d'un sel, précisait que les amines peu basiques, dont les sels se dissocient dans l'alcool, ne réagissent pas dans ces conditions. Fr. Arndt (⁴) réussit

(¹) M. Battegay, et J. Bernhardt, *Bull. Soc. chim.*, 32, 1923, p. 1510; M. Battegay et P. Dassigny, *Bull. Soc. chim.*, 35, 1924, p. 211.

(²) *D. chem Ges.*, 50, 1917, p. 1250.

(³) *D. chem. Ges.*, 37, 1904, p. 1681.

(⁴) *D. chem. Ges.*, 46, 1913, p. 3522.

toutefois à communiquer à certaines de ces amines, et plus tard, en collaboration avec B. Rosenau (*loc. cit.*), à des amines très peu basiques, pourvu qu'elles soient encore salifiables, la réactivité requise, en les mettant en fusion dans un excès de cyanamide, où elles doivent être quelque peu solubles, le cas échéant à l'aide d'un diluant indifférent, et en ajoutant à la fusion un excès d'acide chlorhydrique. Arndt et Rosenau préparent de cette manière les trois nitrophénylguanidines, la β-naphtyl et l'α.α-diphénylguanidine, mais ces auteurs déclarent à la même occasion n'avoir pu aboutir, entre autres, au dérivé de l'α-amino-anthraquinone.

Nous avons réussi à surmonter l'inertie qu'opposent, vis-à-vis de la cyanamide, les amines de l'espèce des amino-anthraquinones, en employant un milieu indifférent et anhydre, dans lequel celles-ci sont engagées, non pas avec la cyanamide libre, ni avec son soi-disant monochlorhydrate, mais avec le dichlorhydrate cristallisé $CN^2H^2.2ClH$ qui, à l'encontre de ceux-ci, est stable. Il supporte, sans inconvénient, les températures élevées convenables (70 à 150°), que nécessite, pour la transformation en guanidine, ce genre d'amines ou leurs chlorhydrates. Le mélange des produits mis en œuvre est soumis, par ailleurs, dès le début, et éventuellement, pendant toute la durée de l'opération, à l'action d'un courant de gaz chlorhydrique sec.

L'α et la β-aminoanthraquinone, pour ne citer provisoirement que ces deux exemples [1] réagissent, dans ces conditions, en opérant au sein du nitrobenzène ou du *m*-crésol avec une netteté remarquable.

En ce qui concerne l'α-aminoanthraquinone, elle conduit, par suite de la perte de 1^{mol} d'eau, au produit de cyclisation intramoléculaire de la guanidine, l'amino-C-1.9-pyrimidineanthrone, qui, recristallisée du nitrobenzène, constitue de fines aiguilles brun jaune, fondant entre 290-295° [2]. Le chlorhydrate cristallise avec $3^{mol}\,H^2O$ et forme des feuillets jaunes qui fondent avec décomposition entre 275 et 280°. Il est facilement hydrolysé par l'eau et donne, traité avec l'acide nitreux, la pyrimidoneanthrone [3]. La benzoylation fournit la benzoylamino-C-1.9-pyrimidineanthrone, également jaune. Celle-ci, recristallisée dans le toluène, ne fond complètement qu'entre 205 et 209° après avoir déjà subi, vers 135°, un commencement de

---

(1) Une étude détaillée, avec d'autres exemples, fera l'objet d'une publication ultérieure.

(2) Dosage d'azote : Substance, $8^{mg},170$; $v = 1^{cm^3},263$ N^2; $t = 19°$; $p = 745^{mm}$; soit 16,9 pour 100 N; calculé pour $C^{15}H^9ON^3$: 17,0 pour 100 N.

(3) Brevets allemands n°s 205035, 205914, 225982.

fusion. Elle fournit une cuve rouge qui n'est douée que d'une faible affinité tinctoriale pour le coton, en produisant une nuance jaune clair.

La β-anthraquinonylguanidine se présente, recristallisée de la pyridine aqueuse, sous la forme d'une poudre cristalline jaune orangé qui brunit et se décompose à 244-246° (¹). Son chlorhydrate est stable vis-à-vis de l'eau, et il en cristallise avec 1^{mol} H^2O; il est de couleur jaune canari, et fond, en se décomposant, entre 285-290°. La benzoylation fournit un dérivé dibenzoylé jaune clair recristallisable dans la pyridine aqueuse, fondant à 274° et donnant dans l'acide SO^4H^2 concentré une liqueur jaune. Il forme une cuve rouge qui possède une affinité tinctoriale appréciable pour le coton en lui communiquant une nuance jaune qui est comparable à celle produite au moyen de jaune indanthrène 5GK.

GÉOLOGIE. — *Le Flysch transgressif sur le Paléozoïque rifain.* Note de MM. **A. Marin** et **P. Fallot**, présentée par M. Ch. Jacob.

Nous avons signalé, avec M. Blumenthal, l'importance théorique du Flysch transgressif sur le Paléozoïque, soit à l'Ouest de Ceuta où il est pincé dans un synclinal coupé par la côte à Blaya Benitez, soit au Dj. Zenzen entre Ceuta et Tetuan (²). Cette disposition implique en effet, antérieurement au dépôt de ce Tertiaire, l'érosion de la couverture secondaire plissée de l'édifice orogénique. A la périphérie de la chaîne calcaire et dans les replis de cette dernière, nous avions montré que le début de la transgression du Nummulitique se place au Lutétien. Tout en soulignant qu'aucun fossile n'avait encore été trouvé dans le Flysch de la Playa Benitez, nous avons insisté sur le fait que son caractère transgressif obligeait à admettre « que les premiers paroxysmes orogéniques se placent ici avant l'Éocène moyen ou supérieur ».

De nouvelles recherches nous permettent d'apporter des précisions sur ce Tertiaire.

Longitudinalement, il n'est pas aussi limité que ne l'indiquait notre schéma. En effet, entre le Dj. Zenzen formé d'*Arenisca del Aljibe* et le syn-

(¹) Dosage d'azote : Substance, $4^{mg},256$; $v = 0^{cm^3},587$ N^2; $t = 15°$; $p = 741^{mm}$, soit 15,9 pour 100 N; calculé pour $C^{15}H^{11}O^2N^5$: 15,8 pour 100 N.

(²) A. Marin, M. Blumenthal et P. Fallot, *Observations géologiques sur le Nord-Ouest du Rif marocain* (*Bull. Soc. géol. France*, 4ᵉ série, 30, 1930, p. 659-735).

clinal de Playa Benitez, nous avons trouvé une série d'affleurements de Flysch. L'Arenisca s'étend vers le Nord, suivant une bande continue, depuis la bordure orientale du Dj. Zenzen jusqu'à Castillejos; le Tertiaire y est pincé dans un pli de Paléozoïque et les grès forment l'éperon dominant la localité, depuis le poste de douane jusqu'au col que traverse la route de Ceuta. On retrouve cette formation encore plus au Nord, où elle est transgressive sur du Werfénien et où elle admet des passées rubéfiées qui l'avaient fait assimiler au Permo-Trias.

Nous n'avons pas suivi la continuité de ce Flysch synclinal avec celui de Playa Benitez; mais c'est à peu de distance et exactement sur son prolongement que débute ce dernier et il y a beaucoup de probabilités pour que l'un et l'autre affleurement appartiennent à une même formation, ainsi qu'au même ensemble plissé.

La série du Dj. Zenzen s'est montrée complètement stérile aux abords de la route où nous l'avons étudiée, comme il arrive toujours avec l'Arenisca del Aljibe. Mais à Playa Benitez, le Flysch revêt un type marin détritique qui nous a fourni, dans des grès alternativement grossiers et fins, à éléments paléozoïques, quelques mauvais et très rares Foraminifères, que M. Doncieux a bien voulu examiner. Il y a reconnu : *Nummulites incrassatus*, *N. Fabianii*, des Nummulites radiées granuleuses presque identiques à *N. granifer* ou *N. gallensis* forme A; *Orthophragmina* sp. *Nephrolepidina* sp., *Lepidocyclina* sp., celle-ci probable d'après la section tangentielle. Cette association indiquerait, selon toute vraisemblance, l'Éocène supérieur. Les grès de l'Algibe qui apparaissent sur le prolongement du synclinal peuvent donc soit être un équivalent latéral de ce Flysch, soit lui être un peu postérieurs et passer alors de l'Éocène supérieur à l'Oligocène.

Le synclinal de Playa Benitez est assez accusé. On a vu que ce pli se poursuit par Castillejos jusqu'à la bordure orientale du Dj. Zenzen où il est aussi très marqué. Mais dans ce dernier massif, à l'Ouest du synclinal, l'ensemble du Flysch montre une allure très tranquille. A sa limite occidentale, on note sa transgression sur le Primaire par un conglomérat de base. L'érosion, qui a dû forcément décaper toute la couverture plissée du Paléozoïque, comprenant du Crétacé, du Jurassique et du Trias, se place donc ici *avant* l'Éocène supérieur.

A l'autre extrémité de la zone paléozoïque, nous avons noté (1) que le Flysch existe au Nord comme au Sud du Dj. Ihannachen. Au Nord, il

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 189.

repose directement sur le Paléozoïque et nous n'y avons pas trouvé de fossiles; mais au Sud de cette montagne, dans des couches identiques en tous points et vraisemblablement en continuité latérale avec lui, nous avons recueilli : *Nummulites granifer* (A), *N. globulus-Guettardi, Orthophragmina* cf. *varians* ou *discus*, *Operculina* sp., qui semblent indiquer le Lutétien supérieur. Si le Nummulitique de Punta Pescadores est situé au Sud de la zone calcaire du Rif, c'est-à-dire dans la zone du Flysch périphérique où nous sommes accoutumés de le voir débuter au Lutétien, celui du Nord du Dj. Ihannachen semble bien solidaire du Paléozoïque et pareillement lutétien.

Sous réserves d'investigations détaillées dans la partie moyenne de la zone paléozoïque, nous pouvons donc retenir : au Nord, l'existence de l'Éocène supérieur transgressif à la Playa Benitez; au Sud-Est, celle très probable du Lutétien supérieur transgressif. Sans sous-estimer l'importance des dislocations post-éocènes et post-oligocènes, les dates fournies par le Flysch transgressif sur le Paléozoïque rifain confirment la notion d'un premier paroxysme orogénique antélutétien ou au moins antérieur à l'Éocène supérieur, ce qui, ici, revient au même.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de divers engrais sur le développement et sur la teneur alcaloïdique du* Lobelia inflata *L.* Note de MM. **M. Mascré** et **H. Génot**, présentée par M. L. Mangin.

La *Lobelia inflata* L., originaire de l'Amérique du Nord, doit ses propriétés thérapeutiques à des alcaloïdes (lobéline et bases voisines). Deux années de suite, nous l'avons cultivé à Étréchy (Seine-et-Oise); la plante y fructifie, donne des graines fertiles et sa teneur alcaloïdique est égale à celle des drogues d'origine américaine.

En 1931, nous avons étudié l'influence de divers engrais sur le développement et sur la richesse en alcaloïdes de la plante.

Toutes les formules expérimentées renfermaient les mêmes proportions (6 pour 100) d'azote, d'acide phosphorique, de potasse; la formule 2, cependant, renfermait 12 pour 100 de potasse. Dans tous les cas, pour une parcelle de terrain de 10^{m^2}, on a ajouté 60^g de chacun des éléments (120^g de potasse en 2). La potasse se trouve sous forme de KCl; azote et acide phosphorique se trouvent sous des formes variables, indiquées ci-après.

Engrais n° 1...	Superphosphates	+ nitrate de soude	+ KCl (6 % K^2O)
» 2...	»	+ »	+ KCl (12 % K^2O)
» 3...	»	+ sulf. d'ammoniaque	+ KCl
» 4...	»	+ sang desséché	+ KCl
» 5...	Phosphate de chaux précipité	+ nitrate de soude	+ KCl

Les plantes, provenant du repiquage de jeunes plants obtenus sous châssis, ont été récoltées à la période de maturation des fruits. Dans chaque lot, on a déterminé : le titre alcaloïdique pour 1000g de substance sèche [1]; le poids de substance sèche et la teneur alcaloïdique totale rapportée à 100 pieds. Les chiffres obtenus figurent dans le tableau suivant, dans les colonnes (I); dans les colonnes (II), on a représenté par 100 les chiffres correspondant au témoin et ramené les chiffres obtenus dans les diverses expériences à ce chiffre pris comme unité.

	Poids de substance sèche (pour 100 pieds).		Titre alcaloïdique (pour 1000).		Teneur alcaloïdique de 100 pieds.	
	(I).	(II).	(I).	(II).	(I).	(II).
Témoin	710	100	4g,84	100	3g,43	100
Engrais n° 1	910	128	4,36	90	3,96	115,4
» n° 2	730	102,8	5,07	104,7	3,70	107,8
» n° 3	1190	167,6	3,50	72,3	4,16	121,3
» n° 4	800	112,7	5,43	112,2	4,34	126,5
» n° 5	855	120	4,98	102,9	4,25	123,9

Résultat. — L'emploi des engrais renfermant, à la fois, l'azote, l'acide phosphorique et la potasse a augmenté dans tous les cas (sauf en 2) le rendement cultural. L'influence de ces engrais sur la teneur alcaloïdique s'exerce en des sens différents; mais, partout, le rendement total en alcaloïdes se trouve augmenté par rapport au témoin.

La comparaison des résultats donne, dès maintenant, des indications sur le rôle des diverses substances.

Potasse. — Existant dans toutes les formules, son influence ne pourra être établie avec précision qu'à la suite d'expériences faites avec un engrais azoto-phosphoré non potassique. Cependant, quand on compare les essais (1) et (2), on constate que l'excès de potasse dans le second est défavorable à la croissance, mais augmente le titre alca-

(1) Nous avons utilisé la méthode au silicotungstate mise au point par l'un de nous [M. Mascré, *Sur le dosage des alcaloïdes totaux de* Lobelia inflata *L.* (*Bull. des Sc. pharmacol.*, 37, 1930, p. 209)].

loïdique. A ce point de vue, dans les expériences faites sur d'autres plantes, la potasse se montre parfois favorable, le plus souvent défavorable.

Phosphore. — Les superphosphates et le phosphate de chaux précipité agissent sensiblement de même sur le développement de la plante, mais le titre alcaloïdique est nettement plus élevé en présence de phosphate de chaux.

Azote. — En ce qui concerne la croissance, le sulfate d'ammoniaque est plus avantageux que le nitrate de soude, celui-ci légèrement supérieur au sang desséché. On observe une action exactement inverse sur l'élaboration des alcaloïdes : le sang desséché en augmente nettement la production; celle-ci est sensiblement abaissée en présence de nitrate de soude et, surtout, de sulfate d'ammoniaque.

De nouvelles recherches permettront de compléter et préciser ces premiers résultats.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude d'un alcaloïde extrait de la racine de* Stemona tuberosa *Loureiro* (*drogue sino-annamite*). Note de MM. **E. Lobstein** et **J. Grumbach**, présentée par M. G. Bertrand.

Stemona tuberosa Loureiro est une liane de la famille des Roxburghiacées, croissant en Chine et Indochine, et que l'on rencontre au Japon et dans l'archipel malais. Sa racine tubéreuse est utilisée comme vermifuge, sous le nom de Bach-bô, par les Chinois et les Annamites, et figure à ce titre dans leur pharmacopée. Elle est vendue découpée en lanières que l'on emploie en décoction aqueuse à la dose de 7 à 10^g.

Nous avons extrait de cette racine, par la méthode de Stass-Otto, un alcaloïde que nous proposons d'appeler *stémonine*, et qui se présente en aiguilles blanches inodores, de saveur légèrement amère et âcre : la drogue sèche en renferme 0^g,184 pour 100. Sa composition a été déterminée par microanalyse, d'après les indications de Pregl. L'azote a été dosé par micro-Dumas.

Dosage du carbone et de l'hydrogène.

	Prise d'essai.	CO^2.	H^2O.	C p. 100.	H p. 100.
	mg	mg	mg	mg	mg
1.........	5,510	14,13	4,385	70,00	8,86
2.........	4.615	11,85	3,692	70,10	8,90

Dosage de l'azote.

	Prise d'essai.	N trouvé.	N p. 100.
	mg	mg	mg
1	8,195	0,303	3,70
2	13,695	0,506	3,66

Au total (moyennes).	Carbone	70,05 p. 100
	Hydrogène	8,88 »
	Azote	3,695 »
	Oxygène (par différence)	17,375 »
		100,00 p. 100

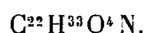
La détermination du poids moléculaire a été faite par microébullioscopie, en employant l'alcool éthylique absolu comme solvant.

Pour le calcul, nous nous sommes servis de l'équation $M = K \frac{100p}{P \times D_t}$.

K (constante du solvant)	11,7
P (poids du solvant)	1g,19 (1cm³,5 d'alcool absolu)
p	poids de substance
D_t	différence des points d'ébullition

	Prise d'essai.	D_t.	P. M.
	mg	°	
1	14,966	0,040	368
2	12,692	0,033	380

Le poids moléculaire moyen, 374, nous permet d'établir la formule brute



$C^{22}H^{33}O^{4}N$.

	Calculé pour $C^{22}H^{33}O^{4}N$.	Trouvé (moyenne des analyses).
C	70,40 p. 100	70,05 p. 100
H	8,88 »	8,88 »
O	17,13 »	17,375 »
N	3,73 »	3,695 »
	P. M. = 375	P. M. = 374

La stémonine est une base non saturée, ne renfermant ni noyau phénolique, ni fonction aldéhydique ou cétonique, ni groupement méthoxyle ou éthoxyle, ni oxyquinone, mais contenant un noyau pyrolique. Elle est soluble dans l'alcool, l'éther, l'acétone, le toluène, le benzène et le chloroforme. Son point de fusion est 160° et son pouvoir rotatoire spécifique (déterminé avec une solution alcoolique à 1 pour 100) : $\alpha_D = +76°,5$. Sa

basicité est très faible, le pH d'une solution éthérée étant égal à 7,6. La solution alcoolique de stémonine examinée à la lumière de Wood possède une fluorescence bleu ciel; la diminution ou l'augmentation du pH de la solution n'influence pas la fluorescence.

Des helminthes plongés dans une solution aqueuse de sulfate de stémonine à 1 pour 1000 demeurent inertes au bout de quelques minutes; sortis de leur bain ils reprennent, peu de temps après, leur vitalité. Trois milligrammes de sulfate de stémonine injectés dans le sac lymphatique dorsal d'une grenouille de 25^g déterminent de même une paralysie de l'animal qui devient flasque, se laisse prendre sans réagir et conserve la position qu'on lui donne. Cet état dure 12 heures en moyenne, puis la grenouille revient peu à peu à son état normal.

Action de la stémonine sur les systèmes nerveux et musculaire. — La mesure de la chronaxie, déterminée selon la technique de Lapicque ([1]), sur le système sciatique (muscle de la patte d'une grenouille) nous a donné les résultats suivants, les valeurs de chronaxie étant exprimées en microfarads :

Animal normal.

	mf
Chronaxie du nerf	0,09
Chronaxie du muscle	0,09

Animal intoxiqué.

Chronaxie du nerf	0,04
Chronaxie du muscle	0,03

Ces résultats montrent que chez l'animal intoxiqué la chronaxie du nerf ainsi que la chronaxie du muscle diminuent et que l'isochronisme, constant avant l'action de la substance toxique, se trouve rompu : l'irritabilité est augmentée et par conséquent les constantes d'excitabilité sont diminuées. La stémonine possède donc à la fois une action sur le système nerveux et sur le système musculaire.

Action de la stémonine sur le cœur. — L'étude de l'action de la stémonine sur la contraction cardiaque a été effectuée sur le cœur de la tortue placé hors de l'organisme afin d'éviter toute action sur le système nerveux extra-cardiaque.

([1]) LAPICQUE. *L'excitabilité en fonction du temps* (*Les Presses universitaires*, Paris, 1926).

Nous avons utilisé l'appareil de perfusion de Terroine et Frédéricq (¹) comportant deux flacons de Mariotte : l'un contient le liquide de Ringer pur, l'autre la stémonine en solution dans le liquide de Ringer. Le cœur est irrigué alternativement sous pression constante avec l'un et l'autre liquide au moyen d'une canule fixée dans une aorte (la circulation se fait dans le sens aorte-veine hépatique). Les contractions ventriculaires sont enregistrées par l'intermédiaire d'une transmission à air sur un tambour de Marey.

Le tracé obtenu montre que la perfusion de la solution de stémonine produit tout d'abord une action excitante augmentant la profondeur de la systole, puis il y a ralentissement du rythme avec augmentation de la phase systolitique, phénomène suivi de contractions désordonnées et d'un arrêt total passager : c'est en somme la courbe typique de la fatigue du muscle cardiaque. Sous l'influence de la perfusion du liquide de Ringer pur le cœur reprend le rythme normal.

ENTOMOLOGIE. — *Des phénomènes d'histolyse larvaire postnymphale et d'alimentation imaginale autotrophe chez le moustique commun*, Culex pipiens. Note (²) de M. **E. Roubaud**, présentée par M. L. Bouvier.

I. Les femelles du moustique qui hibernent dans les locaux humides sont caractérisées par un énorme développement du corps gras qui remplit la presque totalité du cœlome et réduit le tube digestif à l'état d'un mince tractus. D'où vient cette graisse?

A l'exception de C. Wesenberg-Lund, la quasi-totalité des auteurs considèrent que la charge graisseuse des hibernantes dérive de l'alimentation sucrée ou sanguine prise par les moustiques à l'état adulte. J'ai pu reconnaître que la réalité est beaucoup plus complexe et que l'engraissement exagéré de ces femelles obèses survient progressivement, malgré le jeûne le plus rigoureux, en vertu d'un curieux phénomène d'*engraissement autotrophe*.

Les femelles appelées à hiverner se présentent comme des individus de

(¹) Terroine et H. Frédéricq, *Sur l'action cardiaque des substances du groupe de la quinoléine* (*Arch. int. de Physiol.*, 16, 1921, p. 326).

(²) Séance du 21 décembre 1931.

fatigue qui cessent de sucer le sang et de se reproduire. Ces asthéniques surviennent obligatoirement d'une façon cyclique, après plusieurs générations de moustiques actifs, piquant et se reproduisant normalement. Aussitôt après leur éclosion, à la sortie de la nymphe, les futures hivernantes sont maigres comme les femelles normales. Si on les isole en milieu humide, à température inférieure à 20° C., sans autre nourriture que de l'eau pure, elles se montrent dès le douzième jour déjà fortement chargées de graisse, et continuent encore à engraisser dans le cours du premier mois d'hibernation. La charge en graisses neutres du corps gras ne sera consommée que très lentement, et les hivernantes pourront ainsi subsister, au régime de l'eau pure, pendant quatre ou cinq mois sans prendre aucune nourriture.

L'étude histologique montre que la mise en charge adipeuse du corps gras, dans les premiers jours de la vie hibernale, est consécutive à la destruction histolytique de masses musculaires abdominales provenant de la larve.

La majeure partie des muscles abdominaux larvaires atteints par l'histolyse subsiste encore chez l'adulte, après l'éclosion, et le moustique engraisse en élaborant, sous forme de graisses neutres, les muscles de sa larve.

D'autre part l'engraissement autotrophe des femelles n'est possible que si les larves dont elles proviennent ont été bien nourries. Les femelles hibernantes issues d'élevages maigres n'engraissent pas et se montrent inaptes à la conservation hivernale. La transformation des muscles larvaires en charge graisseuse est donc subordonnée à une élaboration préalable de réserves immédiates par les larves; ces réserves, qui sont consommées en grande partie pendant la nymphose, ménagent ainsi, pour les besoins de l'adulte, les ressources physiologiques dues à l'histolyse musculaire.

II. Chez la forme de *C. pipiens* que j'ai dénommée *autogène* parce qu'elle est apte à se reproduire sans prendre aucune nourriture au dehors, les mêmes phénomènes d'histolyse musculaire postnymphale et d'autotrophie peuvent être observées. Toutefois, chez cette forme qui est toujours active, *infatigable* puisqu'elle n'est pas astreinte à l'asthénobiose cyclique hivernale, les muscles larvaires sont élaborés tardivement non pas en graisse d'hiver, mais en charge lécithogène pour les œufs. Le corps gras complète, grâce à l'appoint musculaire larvaire, sa charge en réserves protéiques et lipoïdiques, qui passent ensuite intégralement aux ovules, et le moustique parvient à pondre en élaborant les muscles de sa larve. Cet appoint musculaire n'est valable que pour une seule ponte.

Ici encore cette curieuse faculté d'autogénèse se montre subordonnée à l'élaboration antérieure par les larves d'une abondante masse de réserves immédiates. Les moustiques issus de larves mal nourries ne sont pas aptes à l'autogénèse; ils doivent s'alimenter de sang pour se reproduire. Les ressources apportées aux femelles par l'histolyse tardive de leurs muscles larvaires apparaissent ainsi comme l'équivalent du complément alimentaire formé par le repas sanguin, dans les conditions habituelles de la vie des moustiques.

Si le processus de reproduction autogène apparait jusqu'ici comme une exception, dans la biologie normale des Culicides hémophages, les phénomènes d'autotrophie qui caractérisent l'engraissement spontané hivernal me paraissent avoir pour l'interprétation de la vie hivernale, chez ces insectes, une portée beaucoup plus générale. Ils font ressortir d'autre part combien sont éloignées de la réalité les appréciations courantes à cet égard.

PHYSIOLOGIE. — *Le rôle fonctionnel de la bulle gazeuse stomacale.* Note [1] de MM. **V. Pachon** et **R. Fabre**, présentée par M. Ch. Richet.

Il est actuellement établi, depuis la généralisation de l'exploration radioscopique et radiographique, qu'il y a toujours une masse gazeuze à l'intérieur de l'estomac. Cette bulle gazeuse, de volume variable, et qui siège au pôle supérieur de l'organe, se rencontre aussi bien au cours des périodes de vacuité que des périodes de réplétion. Le mélange de gaz qui la constitue provient de sources diverses bien connues : air dégluti avec la salive ou avec les aliments (aérophagie), gaz contenus dans les aliments absorbés, gaz divers de fermentation.

Or dans la littérature classique, soit physiologique, soit pathologique, il n'existe, du moins à notre connaissance, aucune indication spéciale sur la signification et le rôle fonctionnel de cette masse gazeuse.

Il nous a semblé cependant qu'il était possible de donner une interprétation de ce rôle fonctionnel. Le chyme gastrique constitué par le mélange des aliments liquides et solides avec les sucs digestifs se présente comme une bouillie généralement de consistance pâteuse et par conséquent se comporte au point de vue physique sensiblement comme les liquides, c'est-à-dire

[1] Séance du 18 janvier 1932.

qu'elle est pratiquement *incompressible*. Il est logique, d'autre part, de concevoir que les mouvements de brassage alimentaire et les différentes contractions de l'estomac, en dehors des périodes d'évacuation, ne peuvent se produire qu'avec changement de volume de l'organe.

Or, si l'estomac était *exactement* rempli d'aliments pâteux de chyme incompressible, sous l'influence des contractions de sa musculature pariétale se développerait à l'intérieur de la cavité une pression relativement considérable et les diminutions de volume de l'organe se traduiraient nécessairement par une évacuation d'une fraction de son contenu. Cette évacuation ne serait autre qu'une régurgitation œsophagienne, puisque, comme on le sait, le tonus de fermeture du pylore est supérieur à celui du cardia.

La présence d'une masse gazeuse, éminemment compressible, au contact même de la masse semi-liquide, représente justement un matelas pneumatique qui permet ces variations de volume sans excès de pression intérieure et sans ouverture des orifices.

En outre l'intervention de cette masse gazeuse représente un mécanisme d'*économie fonctionnelle*, car même en admettant que le brassage des aliments pourrait se produire en l'absence de tout matelas gazeux sans que les orifices soient forcés, il faudrait pour atteindre ce résultat le développement par la musculature stomacale d'une force considérable. Au contraire la présence d'une masse gazeuse surajoutée, qui rend possible les variations de volume de l'organe sans excès de pression intérieure, permet pour un même effet utile une économie considérable de force motrice.

PHYSIOLOGIE. — *Isochronisme des potentiels d'action du nerf électrique de Torpille et de son effecteur.* Note de MM. **D. Auger** et **A. Fessard**, présentée par M. L. Lapicque.

L'organe électrique de la Torpille et les nerfs qui lui commandent offrent des conditions favorables, rarement réalisées dans d'autres systèmes, pour la comparaison du potentiel d'action nerveux avec celui de l'effecteur correspondant. En effet, le nerf électrique est à fonction unique, et l'organe produit naturellement une décharge monophasique, non suivie, comme dans le muscle, de phénomènes mécaniques capables de déformer la fin de l'onde. Cependant les troncs nerveux, et surtout l'organe élec-

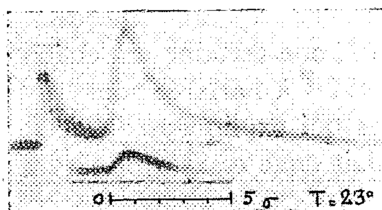
trique, considérés globalement, ont des courants d'action de formes et de durées si variables suivant la grandeur de l'animal et les conditions d'excitation et de réception que les comparaisons sont impossibles de cette façon. Les phénomènes véritablement constants proviennent des éléments ultimes et se trouvent masqués ici par des complications statistiques bien évidentes dans une agglomération aussi considérable d'unités fonctionnelles non tout à fait identiques (environ 200000 disques pour chaque organe et plus de 10000 axones par tronc nerveux). Des différences marquées dans la longueur des trajets nerveux, une certaine dispersion des vitesses de conduction et des périodes latentes à l'arrivée sont les principaux facteurs des décalages dans le temps qui expliquent l'étalement et la variabilité des ondes résultantes. Il fallait donc essayer de ne travailler que sur un petit nombre d'éléments.

Pour le nerf, on y parvient par une dissociation préalable dans la région des électrodes réceptrices, dissociation qui a pu être poussée sans grande difficulté jusqu'à isoler 60 fibres environ. Pour l'organe, on peut user de divers moyens : excitation électrique d'un fin rameau nerveux, aussi près que possible du groupe de prismes auquel il aboutit, léger pincement brusque de ce même rameau lorsqu'on est gêné par la diffusion du courant d'excitation, percement de quelques disques, ou d'un seul, provoquant une décharge rythmique régulière. Les potentiels d'action étaient enregistrés à l'aide d'un oscillographe de Dubois placé à la sortie d'un amplificateur.

Dans ces conditions, on peut observer que plus la localisation est poussée, plus les ondes deviennent brèves et plus constant reste leur aspect général. En fait, elles paraissent tendre vers une limite inférieure de durée encore très accessible à nos moyens d'enregistrement (fréquence propre de l'oscillographe 2300). Le minimum de durée de l'influx nerveux, dont les composantes doivent encore se trouver légèrement décalées (réception impossible à moins de 3^{cm} de l'excitation), est difficile à préciser, d'autant plus qu'un « traînage » terminal est toujours présent. Si l'on en fait abstraction pour ne considérer que le cours naturel de l'onde, sa durée est approximativement de 4σ à 23° et la phase ascendante, mieux déterminée, de 0,80 à $0,85\sigma$. Or, à la même température, on trouve pour la décharge de l'organe excité par le nerf dissocié des durées du même ordre et une forme tout à fait analogue. En outre, les décharges parfois très pures obtenues par percement localisé sont, comme on devait s'y attendre, légèrement plus courtes : à 23°, phase ascendante de $0,70\text{-}0,75\sigma$ et durée totale, beaucoup

mieux définie que précédemment, de 3,5σ environ. Rappelons que la décharge spontanée d'une Torpille de grosseur moyenne dure environ 5σ avec une montée de 1,4 à 1,7σ.

La figure ci-dessous reproduit, juxtaposés, deux enregistrements typiques : à la partie supérieure et précédée d'une perturbation due au courant excitateur, l'onde provenant d'un mince filet nerveux ; au-dessous,



Potentiels d'action : tracé supérieur, du nerf électrique dissocié; tracé inférieur, de l'organe électrique, par excitation mécanique très localisée.

moins ample à cause des dérivations internes, l'onde obtenue par percement localisé de l'organe.

L'isochronisme d'un nerf et de son organe effecteur, démontré par L. Lapicque pour les systèmes neuro-musculaires en s'adressant à leurs caractéristiques d'excitabilité, incline à admettre l'identité chronologique des potentiels d'action, au moins en ce qui concerne les éléments ultimes. Mais, justement à cause de cette dernière restriction, il est particulièrement difficile de mettre en évidence cette propriété sur les muscles, et les durées observées sont généralement dans le rapport de 1 à 5 ou plus. Le cas de l'organe électrique et de son nerf, complexes plus aisément dissociables, permet de démasquer cet isochronisme des propriétés électriques, et apporte ainsi une vérification nouvelle à la théorie générale proposée par L. Lapicque.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la relation existant chez les Poissons marins et potamotoques entre la teneur en phosphore inorganique du sérum et l'ossification du squelette.* Note de M. **Maurice Fontaine**, présentée par M. L. Joubin.

Nous avons montré [1] que, chez les Poissons marins, il ne semblait exister aucune relation entre la teneur en calcium du sérum et l'état osseux ou cartilagineux du squelette.

L'étude comparative de la teneur en phosphore inorganique du sérum de Poissons marins, et aussi de deux poissons potamotoques, nous a conduit à une évidente relation entre cette teneur et l'ossification du squelette.

Nous comparons des chiffres obtenus sur des poissons pêchés dans le même milieu, d'une part des Sélaciens et des Téléostéens marins (Roscoff, juillet), d'autre part un Téléostéen et un Cyclostome potamotoques (Les Ponts de Cé, Loire). Les dosages se rapportant à ces derniers (Lamproie marine et Alose commune) ont été effectués en avril sur des poissons en parfait état physiologique et, pour les deux espèces au même moment de leur migration, au début de la montée.

Ce détail est très important, car, ainsi que nous l'avons déjà montré [2], il se produit plus tard, au moment du frai, des transformations profondes dans l'équilibre minéral du sérum et des chiffres obtenus à cette époque ne présenteraient plus grande signification du point de vue qui nous intéresse.

Les dosages de phosphore inorganique ont été effectués par la méthode de Bell et Doisy, modifiée par Briggs [3] et la teneur est exprimée en milligrammes par litre de sérum :

(1) M. Fontaine et P. Portier, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1218.

(2) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 736.

(3) *Journ. of Biol. Chem.*, 59, 1924, p. 255.

Poissons marins.

		Moyenne.
Téléostéens	*Labrus berggylta* : 200-190-180-130-100	158
	Trigla lineata : 250	
	Conger vulgaris : 110-100	
	Pleuronectes platessa : 160	
Sélaciens	*Scylliorhinus canicula* : 90-75-70-50-40	78
	Mustelus asterias : 160	
	Raia batis : 90-65	
	Raia clavata : 60	

Poissons potamotoques.

Téléostéen : Alose commune : 180-140-120-106-104	130
Cyclostome : Lamproie marine : 80-47-42	56

On voit par ces nombres que la teneur en phosphore inorganique du sérum des Sélaciens marins est toujours inférieure à celle du sérum des Téléostéens, à une exception près, qui se rapporte au *Mustelus asterias*.

Nous n'avons pu avoir qu'un échantillon de cette espèce, et celui-ci était un individu femelle gravide et, de plus, dans un état physiologique mauvais au moment de la saignée. Il se peut donc que nous ayons là un chiffre aberrant. Quoi qu'il en soit, même en tenant compte de celui-ci, les moyennes établies font apparaître une différence très nette entre la phosphatémie des Sélaciens et celle des Téléostéens.

La même différence existe entre un Téléostéen potomatoque et un Cyclostome (poisson également à squelette cartilagineux) examinés au même moment de la migration. Il nous semble intéressant de rapprocher ces résultats de ceux obtenus chez l'Homme ou les Vertébrés supérieurs au cours du rachitisme. On sait, en effet, qu'au cours de cette affection, la teneur en phosphore inorganique du sérum diminue considérablement et que même, pour Lesné, c'est l'hypophosphatémie saline qui constitue le véritable stigmate humoral de la maladie.

Donc, en résumé, si la teneur en calcium du milieu intérieur ne nous paraît, chez les poissons marins, nullement caractéristique de l'état du squelette; il n'en est pas de même de la teneur en phosphore minéral, sensiblement plus élevée chez les poissons osseux que chez les poissons cartilagineux. Nous constatons chez le Sélacien, par rapport au Téléostéen marin, la même pénurie en phosphore minéral que chez le Mammifère rachitique.

MICROBIOLOGIE. — *Contribution à l'étude numérique de la multiplication microbienne. Influence du nombre des microbes ensemencés sur la vitesse de leur multiplication.* Note de M. **Jean Régnier** et Mlle **Alice Kaplan**, présentée par M. E. Roux.

Nous avons vu ([1]) que l'ensemencement de nombres variables de microbes n'exerçait pas d'influence sur la phase de latence. La phase logarithmique et les phases suivantes peuvent être cependant fortement influencées. C'est ce que nous allons examiner dans la présente Note.

Des tubes de bouillon Liebig furent ensemencés avec des quantités variables de bacilles pyocyaniques, de 250000 à 500 millions de germes visibles par centimètre cube), et placés à 37°.

Des numérations microbiennes furent faites à des temps réguliers (2, 4, 6, 8, 24, 30, 48 heures après l'ensemencement), en utilisant les méthodes A et B déjà décrites. Les calculs, donnant les nombres de bipartitions, ainsi que les durées des temps de génération, furent effectués sur les chiffres ainsi trouvés.

Des résultats obtenus il nous est possible de tirer les données snivantes :

1° Comme le montre le tableau I, les nombres maxima atteints par le croît microbien, pour des modes de numération identiques, sont assez variables mais toujours du même ordre de grandeur. Les plus grands ne sont qu'exceptionnellement doubles des plus petits. Ils diffèrent donc, généralement, par moins d'une bipartition. Ces nombres maxima semblent donc indépendants des nombres de microbes ensemencés.

D'autre part, ainsi que nous l'avons déjà vu, ces maxima se produisent toujours vers la quarante-huitième heure pour les microbes dénombrés par la méthode A (microbes visibles) et vers la trentième heure pour les mierobes dénombrés par la méthode B (microbes capables de donner des colonies sur bouillon gélosé).

Tableau I.

Nombre de microbes ensemencés par centimètre cube..	250000	500000	2000000	10000000	50000000	500000000
Méthode A........	19,3	15,7	14,6	23,4	15,6	22,3
Méthode B........	3,3	4,8	4,2	4,3	2,5	9,9

Nota. — Méthodes A et B : Maxima en milliards par centimètre cube.

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 323.

2° Les chiffres maxima étant de même grandeur, et leur production se faisant sensiblement aux mêmes heures, il faut nécessairement que la multiplication microbienne soit plus lente pour les cultures faites avec de grands ensemencements que pour les autres.

Contrairement à ce que nous pensions au début de nos recherches, ce ralentissement ne se fait pas par suppression de la phase logarithmique et entrée d'emblée dans la phase de multiplication ralentie.

Quel que soit le nombre de microbes ensemencés (sauf si nous atteignons des chiffres exceptionnellement élevés, 10 milliards par centimètre cube par exemple), la durée de la phase logarithmique est sensiblement constante. Cette période, où la multiplication est la plus rapide et où cette multiplication se fait de façon sensiblement régulière, s'étend depuis l'ensemencement jusqu'à la huitième ou la dixième heure, pour les microbes dénombrés par la méthode A, et depuis la troisième jusqu'à la huitième ou la dixième heure pour les microbes dénombrés par la méthode B.

Ce ralentissement, qui ne se fait sentir qu'à partir d'un certain taux microbien, se fait par augmentation de la durée des bipartitions (temps de génération) dès le début de la période logarithmique. Ceci est visible dans le tableau II, aussi bien pour les microbes comptés par la méthode A que pour ceux comptés par la méthode B. Remarquons en passant que les temps de génération des microbes capables de se reproduire sur gélose (B) sont toujours plus petits que les temps de génération des microbes visibles (A). Ceci est naturel puisque parmi ces derniers peuvent figurer des microbes incapables de toute multiplication.

TABLEAU II.

Nombre de microbes ensemencés par centimètre cube..	250000	500000	2000000	10000000	50000000	500000000
Méthode A........	51	46	56	72	130	210
Méthode B........	41	40	44	57	81	120

Nota. — Méthodes A et B : Temps de génération moyen pendant la phase logarithmique.

Ainsi donc, alors que des microbes ensemencés en petit nombre se multiplient, dans les dix premières heures, sur un rythme sensiblement constant et rapide, des microbes ensemencés en grand nombre se multiplient, pendant ces mêmes heures, sur un rythme sensiblement constant mais lent. Le fait que ce rythme se règle dès le début de la phase logarithmique,

sans qu'il y ait eu diminution appréciable des matières nutritives, ou mise en liberté suffisante de produits nuisibles, nous conduit à penser que les microbes apportent en eux-mêmes, et par conséquent en quantité d'autant plus grande qu'ils sont plus nombreux, certaines des causes qui déterminent le ralentissement de leur multiplication.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Présence d'un virus, voisin de celui du typhus exanthématique, chez les rats des navires de guerre à Toulon.* Note (¹) de MM. **Marcandier** et **Robert Pirot**, présentée par M. E. Roux.

Plazy et ses collaborateurs (²) ont signalé l'existence d'un typhus endémique bénin chez les marins des navires de guerre, stationnés à Toulon.

Nous avons confirmé cette constatation par la recherche de Weil-Félix, constamment positive (³), puis par l'inoculation au singe et la vaccination homologue et croisée avec un virus du typhus africain (Tunis) (⁴) et (⁵).

Au retour d'une mission récente au Mexique (été 1931), M. Charles Nicolle nous a conseillé de rechercher l'existence du virus chez les rats des navires de guerre à Toulon. Étant donnée l'analogie existant entre la maladie observée chez nos marins et la maladie mexicaine, on pouvait en effet penser que le réservoir du virus était, comme pour cette dernière, le rat.

Nos premières recherches ont porté sur 21 rats : 13 *Mus rattus*, 8 *M. decumanus*, provenant du cuirassé *Paris*, à bord duquel des cas de typhus bénin avaient été constatés en 1927, 1928 et 1931. Elles comportent une série d'inoculations au cobaye et au singe.

Cobayes. — *Inoculations.* — Les cerveaux de 21 rats, broyés et émul-

(¹) Séance du 18 janvier 1932.

(²) Plazy, Marçon et Carboni, *Typhus endémique bénin* (maladie de Brill) (*Bull. Acad. Méd.*, 98, 15 novembre 1927, p. 348).

(³) Plazy, Marcandier et Marçon, *Contribution à l'étude de la fièvre exanthématique. Ses rapports avec le typhus endémique bénin* (*Bull. Acad. Méd.*, 100, 26 décembre 1928, p. 1450).

(⁴) Marcandier, Plazy, Le Chuiton et Pirot, *Transmission au singe de la fièvre exanthématique, observée à bord des navires de guerre à Toulon. Ses rapports avec le typhus exanthématique* (*Bull. Acad. Méd.*, 105, 23 juin 1931, p. 1012).

(⁵) Plazy, Marcandier, Germain et Pirot, *Contribution à l'étude des rapports du typhus exanthématique et de la fièvre exanthématique* (*Bull. Acad. Méd.*, 106, 21 juillet 1931, p. 51).

sionnés dans l'eau physiologique, ont été inoculés dans le péritoine de 8 cobayes aux doses et d'après la répartition suivante :

Expérience I (3 décembre 1931). — Cobaye 1 : 3$^{cm^3}$ du broyat de 3 cerveaux de *M. decumanus* (1/2 cerveau); cobaye 2 : 3$^{cm^3}$ du broyat de 3 cerveaux de *M. rattus* (1/2 cerveau).

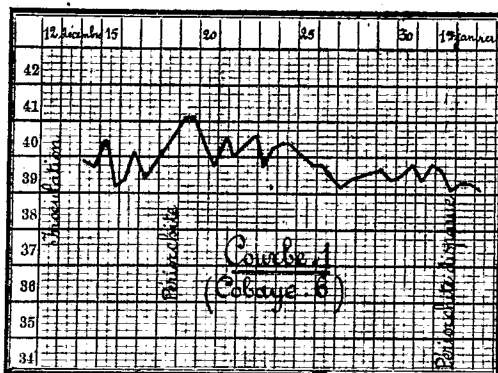
Expérience II (4 décembre 1931). — Cobaye 3 : 3$^{cm^3}$,5 du broyat de 4 cerveaux de *M. decumanus* (2/3 de cerveau); cobaye 4 : 3$^{cm^3}$,5 du broyat de 3 cerveaux de *M. rattus* (1/2 cerveau).

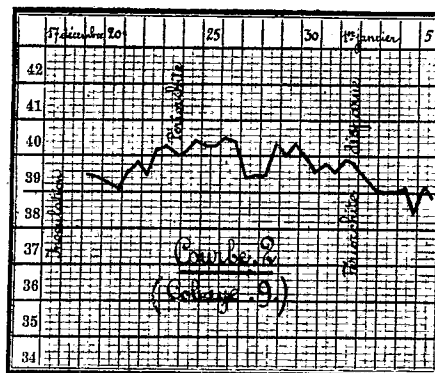
Expérience III (12 décembre 1931). — Cobaye 5 : 3$^{cm^3}$ du broyat de 3 cerveaux de *M. rattus* (1/2 cerveau); cobaye 6 : 3$^{cm^3}$ du broyat de 3 cerveaux de *M. rattus* (1/2 cerveau); cobaye 7 : 3$^{cm^3}$ du broyat de 1 cerveau de *M. rattus* (1/2 cerveau); cobaye 8 : 3$^{cm^3}$ du broyat de 1 cerveau de *M. decumanus* (1/2 cerveau).

Résultats. — Les cobayes 1, 3 et 7 n'ont rien présenté d'anormal, après 35 jours d'observation pour les deux premiers et 26 jours pour le cobaye 7.

Par contre, les cobayes 2, 4, 5, 6 et 8 ont montré une maladie, caractérisée par les symptômes suivants :

1° *Élévation thermique*, débutant entre le 7ᵉ et le 13ᵉ jour, une fois





au 16ᵉ (cobaye 8) cette fièvre peut atteindre et dépasser 41°; elle dure 8 jours au moins.

2° *Périorchite*, remarquablemement nette dans tous les cas, commençant généralement avec l'élévation thermique; cette lésion est parfois unilatérale au début, mais bilatérale dans la suite, elle se montre très marquée chez certains animaux (cobaye 6); elle guérit sans laisser de traces.

Passages. — Ils ont été jusqu'ici réalisés de cobaye à cobaye, par injection intrapéritonéale de sang ou de cerveau.

La souche de virus, provenant du cerveau des *M. rattus* du « Paris », passée au cobaye le 4 décembre 1931, a pu réaliser 4 passages et être conservée jusqu'à ce jour (7 janvier). Nous avons noté un raccourcissement et une régularisation de la durée de l'incubation par les passages.

SINGES. — *Inoculations.* — Les inoculations suivantes ont été faites :

3 décembre 1931 : *Cynocephalus papio* n° 20, inoculé avec 5$^{cm^3}$ d'un broyat des 6 cerveaux de 3 *M. rattus* + 3 *M. decumatus* de l'expérience I.

4 décembre 1931 : Cynocéphale n° **23**, inoculé à la même dose, avec 3 cerveaux des *M. rattus* de l'expérience II.

12 décembre 1931 : Callitriche n° **21**, inoculé, à la même dose, avec le broyat de 6 cerveaux de *M. rattus* de l'expérience III.

Résultats. — Pour tous ces singes : Au 6e ou 7e jour, début d'une maladie fébrile, durant au moins 10 jours. La réaction de Weil-Felix, au décours de la maladie, a été positive avec le sang des singes 20, (1/320), 23 (1/50), 21 (1/700).

Passages. — Les passages par inoculation intrapéritonéale ont été réalisés de singe à singe, avec le sang, et, de singe à cobaye, avec le sang et le cerveau.

Le virus, transmis par passage du singe 21 (Weil-Felix au 1/700), s'est montré particulièrement actif.

CONCLUSION. — Il existe, chez les rats des navires de guerre à Toulon (*Mus rattus* et *M. decumanus*), un virus pathogène pour le singe et le cobaye.

L'infection qu'il détermine chez le cobaye se traduit par une fièvre et une periorchite; elle porte les caractères, reconnus par Neill et par Mooser chez le même animal à la suite de l'inoculation du virus du typhus mexicain.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la présence, dans l'encéphale des rats capturés à Athènes, d'un virus revêtant les caractères expérimentaux du typhus exanthématique* (*virus mexicain*). Note de M. **PIERRE LÉPINE**, présentée par M. E. Roux.

Au cours de recherches que nous avons entreprises sur l'origine et sur la conservation des virus exanthématiques, nous avons été amené à rechercher le rôle éventuel du rat dans la genèse du typhus exanthématique de l'homme. Nous nous sommes adressé pour cela à des rats provenant des villes d'Athènes et du Pirée, où s'observent chaque année un certain

nombre de cas de typhus exanthématique, mais capturés en dehors de toute épidémie actuelle de typhus et en l'absence de cas récents de cette affection. Ces rats, appartenant aux espèces *Mus decumanus* et *Mus alexandrinus*, étaient groupés d'après le lieu de capture jusqu'à concurrence de huit ou dix, puis sacrifiés. Les encéphales des rats d'un même lot étaient prélevés stérilement, broyés ensemble, et l'émulsion cérébrale obtenue, dont les cultures ont toujours été négatives, était inoculée, par voie intrapéritonéale, à la dose de 1^{cm^3} par animal, à des cobayes.

Nous avons constaté que, dans la moitié des cas environ, les cobayes d'une même série ainsi inoculés, présentaient, après une incubation de 6 à 14 jours, une période fébrile durant de 4 à 12 jours. Pendant cette période fébrile l'animal ne présente jamais d'ictère et son état général reste absolument normal; seul le thermomètre décèle une température évoluant d'une manière continue entre 40°, 1 et 40°, 8; toutefois, les femelles pleines ont avorté le deuxième jour de la fièvre. Le sang et le cerveau du cobaye sont virulents pendant la période fébrile, et permettent les passages en série; quelques animaux font une maladie inapparente à la suite de laquelle ils sont vaccinés contre une nouvelle inoculation. A toutes les périodes, tous les organes se sont montrés bactériologiquement stériles (milieux usuels aérobies et anaérobies); la recherche des spirochètes (examen sur fond noir, frottis, cultures) a été constamment négative. Un lapin inoculé par voie intrapéritonéale (émulsion cérébrale de cobaye, troisième passage) n'a présenté aucune réaction, mais son sérum est devenu, à partir du quatorzième jour, agglutinant au 1/40e pour le *B. proteus* $\times$ 19.

L'ensemble de la maladie déterminée chez le cobaye, et spécialement l'allure de la courbe thermique, est suggestif du typhus expérimental tel que nous sommes accoutumé à l'observer chez cet animal. Mais deux caractères, que nous observons pour la première fois sur une souche européenne, évoquent d'une manière saisissante la variété mexicaine du typhus, telle qu'elle est décrite par les auteurs américains. Ce sont :

1° L'apparition constante, quoique à un degré variable, d'une réaction des enveloppes testiculaires chez le cobaye mâle (œdème scrotal, vaginalite, descente du testicule), débutant avec la fièvre, présentant son acmé au bout de deux jours, et disparaissant avec la défervescence. La vaginale des cobayes sacrifiés montre à l'œil nu des hémorragies punctiformes; sur les frottis on note, outre l'absence de germes d'infection banale, une vive réaction inflammatoire où prédominent de grands mononucléaires et des

polynucléaires en partie picnosés, et après colorations spéciales (Giemsa ou méthode de Castañeda) la présence, dans quelques-unes des cellules endothéliales, d'inclusions nombreuses ayant la morphologie et les réactions tinctoriales des Rickettsia (corps de Mooser). Les émulsions de vaginale infectée sont extrêmement virulentes, et leur inoculation par voie intrapéritonéale réduit chez le cobaye l'incubation de la période fébrile à 4 ou 5 jours.

2° L'existence chez le rat blanc, inoculé avec une émulsion cérébrale de cobaye, d'une maladie apparente (fièvre de courte durée, avec adynamie et un certain degré de réaction testiculaire).

Ces constatations nous paraissent à rapprocher des faits observés, à Mexico, par Mooser, Castañeda et Zinsser (¹), opérant en milieu d'endémie typhique, et au contact de cas récents. Si les recherches que nous poursuivons avec nos collaborateurs devaient nous permettre d'affirmer l'identité du virus que nous avons isolé avec celui du typhus exanthématique européen, il y aurait lieu d'envisager sérieusement le rôle que pourrait jouer le rat dans la conservation du virus exanthématique et la genèse des cas sporadiques de typhus.

A 15ʰ45ᵐ, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16ʰ30ᵐ.

E. P.

(¹) MOOSER, CASTAÑEDA et ZINSSER, *Journ. Amer. Med. Assoc.*, 97, 1931, p. 231.

ERRATA.

(Séance du 28 décembre 1931.)

Note de MM. *Henri Chaumat* et *Édouard Lefrand*, Sur les machines électrostatiques :

Page 1405, une erreur de dessin rend inexacte la figure. Il est manifeste que la boucle B de gauche doit être reliée à l'armature C.

(Séance du 4 janvier 1932.)

Note de MM. *Th. V. Ionescu* et *C. Mihul*, Les gaz ionisés dans le champ magnétique ; preuve de l'existence de l'électron tournant :

Page 72, ligne 2, *au lieu de* $\omega_0 = \frac{e}{m} H_0 = 1.96 \times 10^{8} T^{-1}$, *lire* $\omega_0 = \frac{e}{m} H_0 = 1.86 \times 10^{8}$; ligne 5, *au lieu de* les molécules se dirigent, *lire* les molécules s'orientent.

(Séance du 11 janvier 1932.)

Note de MM. *Charles Dufraisse* et *Léon Enderlin*, Formule et constitution d'un hydrocarbure incolore à fluorescence violette, $C^{42}H^{26}$:

Page 185, ligne 2, *au lieu de* réaction, *lire* création. Le début de la phrase devient alors :

b. La production d'un noyau aromatique complexe, le naphtacène, avec création et accolement de cycles benzéniques, ...

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er FÉVRIER 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — *Sur le pouvoir rotatoire magnétique de la blende et sur la mesure des champs d'électroaimants munis de pièces polaires percées.* Note de MM. **A. Cotton**, **G. Dupouy** et **M. Schérer**.

D'après les Tables de Constantes physiques, la *blende* est de tous les corps transparents diamagnétiques celui dont le pouvoir rotatoire magnétique est le plus grand : les mesures d'Henri Becquerel indiquent en effet que pour la raie D sa constante de Verdet est environ 0′,225 à 16°, elle est donc plus de cinq fois plus grande que celle du sulfure de carbone, seuls des corps fortement colorés (sélénium, oxydule de cuivre) ont des constantes plus grandes encore. Nous nous sommes demandés si l'on ne pourrait pas utiliser les rotations magnétiques de lames de blende pour mesurer les champs magnétiques, particulièrement les champs donnés par des électro-aimants munis de pièces polaires percées. La mesure d'une rotation magnétique est alors la méthode de choix pour déterminer en un point la composante axiale du champ : celui-ci n'est pas en général uniforme, et il importe, si l'on veut être bien renseigné sur ses variations, que la lame dont on mesure la rotation soit aussi mince que possible. La blende est d'autre part un minéral de composition simple remarquable déjà par la grandeur de ses indices de réfraction et leur grande dispersion : il est donc utile de mesurer sa rotation magnétique pour plusieurs raies : nous avons employé celles du mercure.

Lorsqu'on entreprend cette mesure on se heurte à une difficulté. On

trouve assez facilement dans certains cristaux de blende des régions paraissant homogènes, mais si l'on y taille des lames à faces parallèles (et ce travail est déjà plus délicat que s'il s'agit de substances plus dures), on trouve que ces lames sont presque toujours fortement et irrégulièrement biréfringentes. Ou bien il existe dans la masse des tensions intérieures [1]; ou bien la blende, comme beaucoup de cristaux cubiques, est formée d'éléments cristallins de symétrie moins élevée, dont les biréfringences ne se compensent pas rigoureusement. En tout cas les lames, placées entre deux nicols croisés et vivement éclairées, rétablissent nettement la lumière en certaines régions, de sorte qu'on ne peut songer à mesurer leurs rotations magnétiques en employant des appareils à pénombres.

Après de nombreux essais sur des cristaux de diverses provenances, nous avons pourtant réussi à obtenir deux lames qui se sont prêtées, une fois que leur épaisseur a été réduite jusqu'à l'ordre du millimètre, à des mesures faites avec ces appareils. Les cristaux d'où elles provenaient nous avaient été envoyés par M. Albert Brun qui avait publié récemment [2] des mesures des indices de plusieurs minéraux intéressants y compris la blende.

En plaçant successivement ces deux lames dans la partie centrale uniforme du champ obtenu en écartant de 8^{cm} les pièces polaires percées de l'électroaimant nous avons constaté que leurs rotations magnétiques étaient sensiblement les mêmes une fois réduites à l'épaisseur de 1^{mm} : les doubles rotations mesurées pour la raie verte ont été $26^\circ,14$ et $26^\circ,10$. Ces deux lames avaient pourtant des colorations différentes indiquant la présence d'impuretés : la seconde montrait par transmission d'étroites bandes

---

(1) Ces tensions intérieures rendent, comme on sait, biréfringents d'une façon gênante beaucoup de milieux vitreux. Cette difficulté s'est présentée notamment à nous lors d'une mesure du pouvoir rotatoire magnétique de l'*ambre jaune*, dont nous voudrions dire un mot à cette occasion. Les Tables de Constantes physiques (*Tables* de Landolt, *Recueil de Constantes* de la Société Française de Physique) indiquent pour l'ambre un pouvoir rotatoire magnétique *négatif*. Ce résultat fort surprenant, étant donnée la composition de cette substance, est en effet celui qu'avait obtenu autrefois Quincke. L'électroaimant de Bellevue nous a permis de reprendre cette mesure avec une lame n'ayant que $1^{mm},36$ d'épaisseur, et peu biréfringente. Nous avons trouvé, pour la constante de Verdet de cette substance, et pour la raie verte du mercure, une valeur *positive*, voisine de $+0',021$.

(2) A. Brun, *Constantes optiques de l'almandin, de la blende et du zircon* (*Livre jubilaire du Cinquantenaire de la Société française de Minéralogie*, Masson, Paris, 1930, p. 38).

d'absorption dans le rouge, vers les longueurs d'onde 0,666 et 0,726 en particulier.

Le champ a été déduit de la mesure de la rotation magnétique d'une

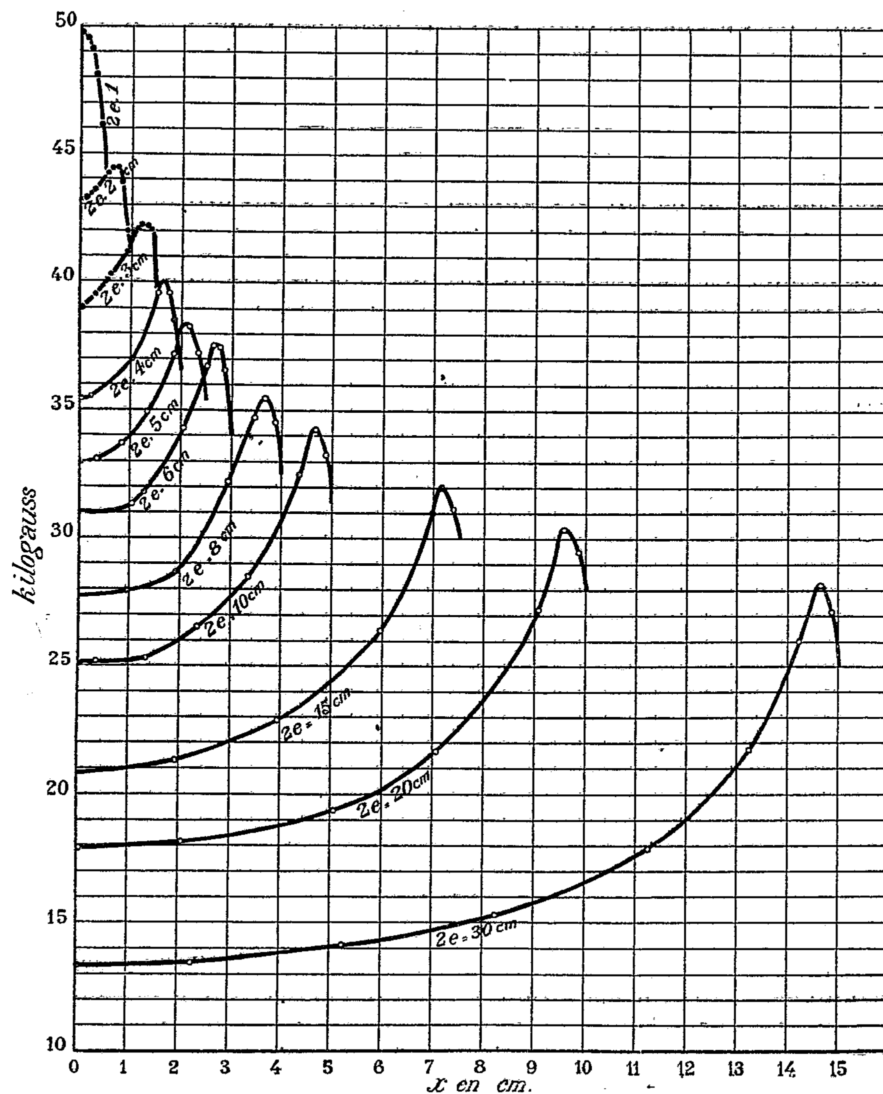


Fig. 1.

lame de verre (2mm,86 d'épaisseur) qui avait elle-même été au préalable étalonnée par comparaison avec le sulfure de carbone. Bien que l'épaisseur de ces lames de blende ne fût pas rigoureusement uniforme nous pouvons

indiquer, pour la constante de Verdet ρ_v de la blende relative à la raie verte du mercure ($\lambda = 0,546$) et à la température de $18°,5$, la valeur

$$\rho_v = 0',282.$$

D'autre part les mesures faites pour la radiation jaune $\lambda = 0,578$ et pour la radiation bleue $\lambda = 0,436$ ont fourni les rapports suivants :

$$\frac{\rho_j}{\rho_v} = 0,863, \qquad \frac{\rho_b}{\rho_v} = 2,057.$$

Application à la mesure des champs. — Nous avons utilisé le résultat des mesures précédentes à l'étude des champs donnés par le gros électro-aimant de l'Académie des Sciences muni des pièces percées destinées aux mesures de rotations magnétiques : ces pièces, à extrémités tronconiques, sont ter-

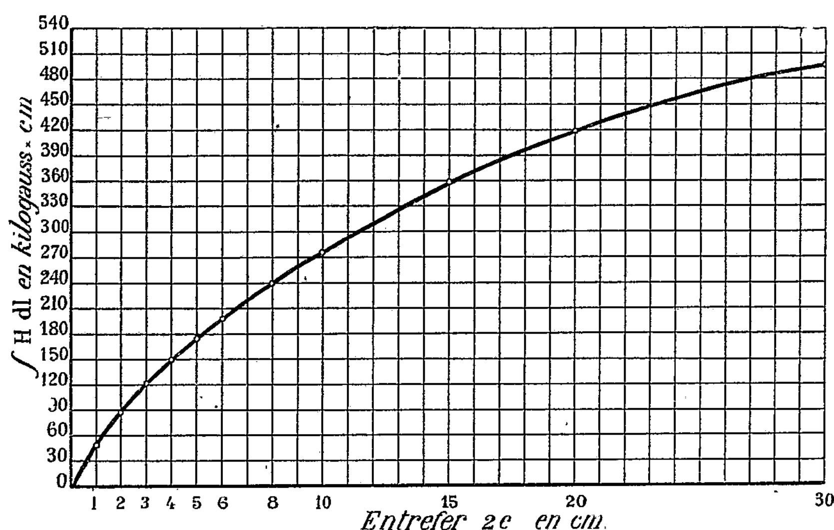


Fig. 2.

minées par des facettes de diamètre $2r = 10^{mm}$, les trous sont légèrement tronconiques, leurs orifices ont 5^{mm} de diamètre. Pour chaque valeur donnée à l'entrefer $2e$ on a déplacé systématiquement la lame exploratrice pour voir comment varie le champ lorsqu'on se déplace suivant l'axe. La figure 1 représente les topographies du champ ainsi obtenues. Les courbes en traits interrompus relatives aux entrefers étroits ont été tracées en utilisant une lame de blende (épaisseur $1^{mm},42$); les autres courbes en traits continus résultent de mesures faites avec la lame de crown indiquée plus haut (épaisseur $2^{mm},86$). Sur l'axe des ordonnées on lit les

valeurs du champ au milieu de l'entrefer, les abscisses indiquent les distances en centimètres de ce milieu de l'entrefer au point où l'on mesure le champ : une moitié de la courbe symétrique représentant la topographie du champ a seule été figurée dans chaque cas. On voit qu'en général le champ croît d'abord quand on se rapproche des pôles pour diminuer ensuite rapidement près des trous.

La figure 2 donne les valeurs de l'intégrale $\int H\,dl$, l'intégration étant prise entre les limites correspondant aux deux facettes polaires limitant l'entrefer. Ces valeurs, représentées en C. G. S., indiquent ainsi les différences de potentiel magnétique maxima que l'on obtient, pour les divers entrefers, les distances elles-mêmes entre les pièces polaires étant prises cette fois comme abscisses : on déduit aussitôt de cette courbe les rotations qu'on observera avec un liquide placé dans l'entrefer et en occupant toute la longueur. On voit que ces rotations augmentent d'abord constamment lorsqu'on écarte les pièces polaires en allongeant le tube, et que les valeurs les plus grandes, obtenues avec un entrefer de 30cm ont atteint environ 500000 gauss/cm. Il faudrait écarter encore un peu plus les pôles pour atteindre le maximum.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Peut-on compter l'or parmi les éléments de la matière vivante ?* Note [1] de M. **Gabriel Bertrand**.

D'après une Note préliminaire, parue en 1897, Liversidge a reconnu chimiquement l'existence de l'or dans un échantillon de varech, malheureusement très vieux et d'origine indéterminée, et dans des coquilles d'huîtres [2]. En 1919 Cornec a trouvé aussi, en se servant de la méthode spectrographique [3], des traces d'or dans une cendre de plantes marines. D'autre part il a été démontré que de petites quantités d'or, très probablement à l'état de suspension colloïdale, sont présentes dans les eaux de la mer [4] ; il peut donc se trouver des traces du métal précieux à la surface des

(1) Séance du 25 janvier 1932.

(2) *Journ. Chem. Soc. Trans.*, 71, 1897, p. 298.

(3) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 513.

(4) Ces quantités, variables suivant les régions et les courants, seraient, en moyenne, de l'ordre de grandeur de 50mgs par mètre cube d'eau de mer; mais, dans certains cas, elles se réduiraient à quelques milligrammes et pourraient même devenir nulles (E. Sonstadt, *Chem. News*, 26, 1872, p. 159; A. Liversidge, *Proc.*, *Roy. Soc. N. S. Wales*, 29, 1895, p. 335; P. de Wilde, *Arch. des Sc. phys. et natur. Genève*, 19, 1905, p. 559, etc.).

algues et des coquilles ou dans la vase qui souillent ces matériaux d'étude. Comme les précautions nécessaires pour opérer sur des tissus vivants tout à fait propres n'ont probablement pas été prises au cours des expériences de Liversidge et de Cornec, les résultats de ces expérimentateurs ne suffisent pas à démontrer que de l'or existe à l'état normal dans les organismes. Il est d'ailleurs à remarquer que Liversidge n'a fait connaître ses observations qu'à titre provisoire; il se proposait de les vérifier, mais n'a rien publié depuis à leur sujet.

La question en était à ce point lorsque R. Berg publia, en 1928, une série d'expériences établissant, selon lui, la présence de l'or dans le règne végétal et dans le règne animal (¹).

Au cours de recherches sur la manière dont le plomb se fixe dans les tissus, cet expérimentateur avait observé que le précipité obtenu en liqueur acide par l'hydrogène sulfuré, précipité formé surtout de sulfure de cuivre, ne se dissolvait pas entièrement, après grillage, dans l'acide chlorhydrique : il restait toujours une minime quantité de poudre noire qu'il considéra comme du charbon très divisé jusqu'au jour où V. Klopfer lui communiqua avoir rencontré de l'or dans des flocons d'avoine. Il reprit alors l'examen d'un certain nombre de précipités de sulfures qu'il avait conservés de ses recherches antérieures et il reconnut immédiatement, rapporte-t-il, que la poudre noire n'était pas du charbon, mais de l'or. De nouvelles recherches lui permirent de trouver et même de doser l'or dans plusieurs préparations de flocons d'avoine (de $0^{mg},4$ à $2^{mg},0$ par kilogramme), dans des jus de raisin et de pomme (environ $0^{mg},1$ par kilogramme), du pain de seigle (1^{mg} par kilogramme), des noisettes (1^{mg} par kilogramme) ainsi que dans le sang humain (jusqu'à $0^{mg},3$ par kilogramme), le foie de bœuf ($0^{mg},2$ par kilogramme) et, enfin, dans le cerveau du même animal. Ce dernier organe s'est montré particulièrement riche puisque 100^{g} de cerveau desséché avaient fourni $1^{mg},4$ de métal, soit une teneur de 14^{mg} de métal précieux par kilogramme de matière cérébrale sèche.

Depuis plus d'une trentaine d'années, j'ai eu l'occasion, seul ou avec quelques-uns de mes collaborateurs, d'analyser un très grand nombre d'organismes ou de parties d'organismes végétaux ou animaux. Dans tous les cas où l'opération comportait au début, comme dans les expériences de Berg, un traitement des cendres par l'acide chlorhydrique concentré dans une capsule de platine, j'ai trouvé une quantité facilement reconnaissable

(¹) *Biochem. Zeits.*, 198, 1928, p. 424.

du métal de cette capsule dans le précipité des sulfures métalliques ([1]), mais, jusqu'ici, je n'y ai pas encore reconnu la présence de l'or. Aussi, ai-je tenu à répéter soigneusement l'analyse chimique élémentaire de la cervelle de bœuf, en suivant, autant que possible, la méthode de Berg.

Une cervelle entière du poids de 340^g a été découpée et mise à sécher à l'étuve à + 100° dans une cuvette rectangulaire de porcelaine, à couverture dure et préalablement nettoyée à l'eau régale. La matière sèche, pesant 78^g,5 a été placée dans une capsule de platine de 300$^{cm^3}$ de capacité et chauffée progressivement dans un four à moufle réservé à cet usage, n'ayant jamais servi, par conséquent, à des coupellations. Lorsque la carbonisation, réalisée au rouge naissant, a été complète, on a laissé refroidir, puis on a épuisé la masse charbonneuse (13^g), en 4 ou 5 fois, par 200 à 250$^{cm^3}$ d'eau bouillante. La solution filtrée a été mise momentanément de côté tandis que la portion indissoute a été séchée, puis calcinée, avec le filtre, au four à moufle. L'incinération, conduite au rouge sombre, a exigé plusieurs heures et a laissé 1^g environ de cendres, en partie fondues, englobant à peine quelques centigrammes de charbon. Après refroidissement, la solution des cendres solubles a été transvasée dans la capsule de platine et l'on a évaporé à sec. On a obtenu ainsi 5^g,3 de cendres totales que l'on a dissous dans quelques centimètres cubes d'acide chlorhydrique pur, redistillé au laboratoire, et l'on a chauffé au bain-marie, pour insolubiliser la silice. Le résidu est resté sirupeux malgré 5 heures de chauffage. On l'a repris par l'eau acidulée d'acide chlorhydrique dans laquelle il s'est facilement dissous, à l'exception d'un faible résidu floconneux, contenant la silice et le charbon.

Ces flocons ont été recueillis sur un filtre, lavés et portés au moufle. Il est resté quelques milligrammes de résidu dont la teinte grisâtre montrait qu'il n'y avait pas exclusivement de la silice. Pour simplifier la recherche, on l'a traité au bain-marie par 2 gouttes d'acide chlorhydrique et 1 goutte d'acide nitrique, on a ajouté un peu d'eau, filtré, et réuni le liquide à la solution principale des cendres. Le volume de cette solution était alors d'environ 60$^{cm^3}$. On a saturé d'hydrogène sulfuré ([2]), d'abord à chaud, puis à froid, et, le lendemain, on a recueilli les sulfures. Ceux-ci, bien lavés avec une solution d'hydrogène sulfuré, ont été séchés et brûlés avec leur filtre

---

([1]) Voir par exemple Gab. Bertrand et V. Ciurea, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 780 et 990.

([2]) Filtré à travers du coton à sa sortie du flacon laveur.

dans une capsule de porcelaine. Le résidu noir a été traité au bain-marie par un peu d'acide chlorhydrique dans lequel il ne s'est dissous qu'en partie : il est resté un peu de poudre noire, insoluble aussi, après lavage à l'eau et dessiccation, dans l'acide azotique pur, mais presque immédiatement soluble, au contraire, dans le mélange des deux acides. La solution résultante a été évaporée à sec. Il est resté un faible enduit de couleur jaune qui, d'après Berg, aurait dû être du chlorure d'or. On l'a chauffé encore une fois à sec avec deux gouttes d'acide chlorhydrique, puis redissous dans $0^{cm^3},05$ d'eau et additionné d'une gouttelette de solution concentrée de sulfate ferreux dans l'acide chlorhydrique au vingtième : il n'y a pas eu la moindre coloration bleue, et, cependant, $\frac{1}{200}$ de milligramme d'or aurait suffi pour donner cette réaction caractéristique. La poudre noire dissoute par l'eau régale n'était donc pas formée par de l'or. J'ai vérifié qu'elle était constituée par du platine en opérant de la manière suivante : la petite solution du chlorure mélangé de sulfate ferreux a été diluée dans un peu d'eau, additionnée de quelques milligrammes de sulfate de cuivre, acidulée d'HCl et saturée par l'hydrogène sulfuré. Le précipité de sulfures a été traité comme il a été décrit plus haut, mais au lieu d'ajouter finalement à la solution de chlorure régénéré une gouttelette de sulfate ferreux, je l'ai additionnée d'environ 1^{mg} de chlorhydrate d'ammoniac et fait évaporer lentement : j'ai obtenu ainsi des cristaux jaunes de chloroplatinate d'ammoniac en octaèdres parfaitement définis.

Une deuxième expérience a été effectuée sur une cervelle pesant 377^g à l'état frais et 89^g à l'état sec, mais en produisant et traitant les cendres dans une capsule de silice fondue. Cette expérience a fourni une quantité de silice parfaitement blanche, du poids de 10^{mg}, manifestement plus grande que dans l'expérienc précédente, et un précipité de sulfure de cuivre entièrement soluble, cette fois, dans l'acide chlorhydrique, sans trace d'or, ni de platine. Il n'est donc pas douteux que la poudre noire, séparée du précipité par l'hydrogène sulfuré dans les expériences de Berg, comme dans la mienne décrite plus haut, provenait de l'attaque de la capsule métallique (1).

(1) L'attaque du platine ne varie pas seulement avec la température et la durée du chauffage, mais aussi avec la nature de la substance incinérée; la présence des composés du phosphore agit d'une manière particulièrement marquée, le fait est bien connu de ceux qui effectuent des dosages d'acide phosphorique à l'état de pyrophosphate de magnésium. La haute teneur de la cervelle en lécithine explique, sans doute, une plus grande attaque du platine par l'incinération de cet organe que par celle des autres matières organiques.

Berg ne fait aucune allusion dans son Mémoire à la présence du platine. Il est vraisemblable qu'il a pris ce métal pour de l'or, mais il est également possible qu'il se soit servi d'une capsule formée, à son insu, d'un alliage des deux métaux, et qu'il ait alors reconnu l'or sans se préoccuper du platine.

Je me suis assuré, à l'occasion des expériences dont je viens de faire connaître les résultats, qu'une minime quantité d'or contenue dans la cervelle ne saurait échapper à l'analyse. J'ai ajouté $\frac{1}{10}$ de milligramme d'or, dissous à l'état de chlorure dans 1^{cm^3} d'eau, à une cervelle de bœuf, préalablement divisée, et pesant 397^g, Après dessiccation, la masse réduite au poids de 87^g a été traitée comme dans la deuxième expérience, c'est-à-dire en utilisant une capsule de silice fondue pour la destruction de la matière organique. Contrairement à mon attente, je n'ai pas trouvé d'or dans le sulfure de cuivre, mais le métal précieux n'était pas perdu pour cela. Il se trouvait en entier dans la silice qui, au lieu d'être blanche, était manifestement colorée en rose violacé. En traitant cette silice par quelques gouttes d'eau régale, puis un peu d'eau, filtrant la solution et l'évaporant à sec en présence d'un peu d'acide chlorhydrique, de manière à bien chasser l'acide nitrique, j'ai obtenu un résidu dont la solution dans $0^{cm^3},1$ d'eau était nettement colorée en jaune et donnait instantanément avec le sulfate ferreux une coloration bleue intense, très sensiblement égale à celle fournie par $\frac{1}{10}$ de milligramme d'or dissous dans le même volume d'eau.

En résumé, l'existence de l'or parmi les éléments de la matière vivante, végétale ou animale, n'a pas encore été démontrée.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Variation de la tension superficielle de la matière fulminante en fonction de la température et du poids moléculaire.* Note de M. E. **Mathias**.

1. Soit un gaz (matière fulminante) dont la surface libre est une sphère de rayon R cm, à la température absolue $T = 273 + t$, sous la pression atmosphérique p, que nous supposerons pratiquement constante. Dans la théorie de Van der Waals, la *pression intérieure* p' de ce gaz n'est autre que la *pression moléculaire* de Laplace, liée à la *tension superficielle* A de la surface libre par la formule classique

$$p' = \frac{2A}{R}, \tag{1}$$

qui prouve que le produit de la *pression intérieure* par le rayon de courbure R est une grandeur indépendante de la masse de gaz considérée.

D'autre part le gaz obéit à l'isotherme de Clausius qui, dans le cas où le volume v de l'unité de masse n'est pas trop petit, donne pour la *pression intérieure* l'expression

$$p' = \frac{a}{Tv^2}, \tag{2}$$

la constante que Clausius appelle β étant, dans ce cas, négligeable devant v, et a étant un coefficient numérique variable avec la masse de gaz considérée.

Soit v_1 le volume en centimètres cubes de la sphère de rayon R. Si P est la masse, en grammes-masse, du gaz de volume v_1, on a

$$\frac{v_1}{P} = v.$$

Soit M la masse moléculaire du gaz (matière fulminante), auquel on peut appliquer les lois des gaz parfaits vu qu'il existe sous la pression atmosphérique et à des températures toujours élevées; on a, en appelant d_0 sa densité normale par rapport à l'air (telle que $M = 28{,}8\, d_0$) :

$$P = v_1 \times 0{,}0012932 \frac{273}{T} d_0 = v_1 \times 0{,}0012932 \frac{273}{T} \frac{M}{28{,}8}.$$

Dans ces conditions on peut écrire :

$$p' = \frac{2A}{R} = \frac{a}{T\left(\frac{v_1}{P}\right)^2} = \frac{a}{T} \frac{(0{,}0012932 \times 273)^2}{T^2} \left(\frac{M}{28{,}8}\right)^2,$$

d'où

$$2A = aR \left(\frac{0{,}0012932 \times 273}{28{,}8}\right)^2 \frac{M^2}{T^3}. \tag{3}$$

Le produit aR, conformément à une remarque antérieure, est indépendant de la masse de gaz considérée; il en est de même de A. La formule (3) montre que *la tension superficielle de la matière fulminante est proportionnelle au carré de la masse moléculaire et en raison inverse du cube de la température absolue.*

2. Comme nous l'avons montré antérieurement, le fait que la matière fulminante a sensiblement la densité de l'air (en réalité sa densité est un peu plus grande, puisqu'elle *tombe* dans l'air un peu raréfié des journées orageuses) à sa température de formation pour laquelle, à titre d'approximation grossière, on peut admettre $t = 9 \times 273° = 2467°$C. ou $T = 10 \times 273°$;

il s'ensuit nécessairement que la masse moléculaire M est 10 fois celle de l'air normal. Dès lors la formule (3) montre que *la tension superficielle de la matière fulminante est, toutes choses égales, cent fois plus grande que celle de l'air ordinaire à la même température.*

Prenons pour unité la tension superficielle de la matière fulminante à la température de sa formation ($T = 10 \times 273^\circ$) et exprimons la température absolue au moyen de la *température réduite m*, telle que $T = m \times 273^\circ$; on obtient alors la formule

$$A_m = \left(\frac{10}{m}\right)^3.$$

Le tableau suivant donne les valeurs de A_m pour les valeurs entières intéressantes de m :

m.	m^3.	$t = (m-1)273^\circ$. °C.	A_m.
10	1000	2457	1
9	729	2184	1,37
8	512	1911	1,95
7	343	1638	2,91
6	212	1365	4,63
5	125	1092	8,00
4	64	819	15,6
3	27	546	37,0
2,9	24,4	518,7	41,0

Pendant les 1100 premiers degrés de sa chute, c'est à peine si la tension superficielle passe au quadruple de sa valeur initiale. Ce n'est qu'à partir de la température de 1000° qu'elle prend des valeurs notables et augmente rapidement à mesure que la température baisse. Pour comparer ces résultats avec l'observation, il faut avoir recours à l'observation suivante de Jolivet, la seule que nous connaissions dans laquelle la formation de l'éclair sphérique, à partir de l'éclair linéaire générateur, soit précisée par rapport à la trajectoire supposée rectiligne.

« ... C'était en 1871, dans une étroite vallée des Vosges, au pied du Königsburg. La boule de feu était brillante comme du fer en fusion, elle tomba relativement lentement, car j'eus le temps de compter presque trois. *Ce n'est qu'aux deux tiers du chemin du nuage au sol que la boule se forma*, deux fois plus grosse qu'une boule à jouer ordinaire. *Au sortir du nuage, ce n'était qu'un éclair ordinaire, tout droit, excessivement rapide* (1). »

---

(1) C. JOLIVET, *Cosmos*, 31, 1895, p. 167-168.

On voit que ce n'est que quand le refroidissement est suffisamment grand que la tension superficielle, ayant acquis une intensité convenable, peut rétracter la surface extérieure de la matière fulminante pour lui donner sensiblement l'aire minima.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherche de l'indoxyle (indican) dans les laits de vache et de chèvre*. Note de MM. **Ch. Porcher** et **A. Tapernoux.**

L'un de nous ([1]), à diverses reprises, a fait remarquer que le rôle de la mamelle comme émonctoire est tout à fait réduit : « Dans les principes que lui apporte le sang, la cellule mammaire ne choisit que ceux qui lui sont indispensables pour l'élaboration des éléments constituants du lait. Elle laisse les autres de côté et si, par hasard, on peut surprendre le passage anormal dans le lait d'un composé minéral ou organique, administré expérimentalement, c'est que le sang l'a apporté au tissu mammaire par véritables bouffées. La faculté qu'a ce dernier de choisir les matériaux qui lui conviennent a été faussée, violentée, pour un moment, il est vrai, et dans une mesure relativement très faible.... Les nombreuses expériences entreprises pour rechercher si les nitrates s'éliminent par la mamelle le démontrent surabondamment. A une administration très forte d'azotate de potassium correspond une élimination mammaire quelquefois nulle, souvent douteuse, et qui est d'ailleurs des plus faibles quand elle existe.... Les indols expérimentés ici (il s'agissait de l'indol et du méthylkétol, *administrés aux doses formidables de* 10^g *en une seule fois à une chèvre*) rentre donc dans la règle dont nous venons de rappeler quelques exemples.... En résumé, dans les conditions normales, si excessive que soit chez une femelle laitière l'élimination urinaire des chromogènes correspondant à l'indol et au scatol, on ne trouvera jamais de traces de ces derniers dans le lait de cet animal. »

Ch. Hervieux ([2]) signale qu'il a pu *constamment mettre en évidence* l'indican (indoxyle-sulfate de potassium) dans le lait de vache et de chèvre et il conclut au passage régulier, à l'état normal, des chromogènes indoxyliques dans le lait, passage que Porcher avait mis en doute, dans les mêmes circonstances, en ayant cependant recours, après l'emploi d'une technique

---

([1]) Ch. Porcher, *C. R. Soc. Biol.*, 63, 1907, p. 468.
([2]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1480.

de défécation sévère, à la méthode particulièrement sensible qui conduit à l'obtention d'indirubine par l'action à chaud d'une solution chlorhydrique d'isatine sur le chromogène indoxylique.

Nous avons pensé, devant cette contradiction, qu'il fallait examiner l'ordre de grandeur de la sensibilité de la réaction au thymol de Jolles utilisée par Ch. Hervieux (1) pour déceler la présence prétendue constante des dérivées indoxyliques dans les laits de vache, de chèvre et aussi de femme (2). Nous avons suivi très exactement la technique qu'il indique, après avoir déféqué comme lui, à l'aide d'acide trichloracétique au 1/5. Dans tous les cas nous avons obtenu, comme lui, des colorations mauves ou violacées du chloroforme, colorations présentant absolument les mêmes caractères que ceux qu'il a lui-même relevés. *Mais, en remplaçant le lait par des solutions de caséine à* 1 *pour* 100 *dans l'ammoniaque très étendue, par des solutions d'albumines diverses (sérine, ovalbumine), et enfin tout simplement par de l'eau distillée, nous avons obtenu des colorations identiques.*

Nos expériences ont été répétées avec tous les échantillons de thymol que nous avons pu nous procurer, après avoir vérifié que leur solution aqueuse ne donnait, en milieu neutre, aucune coloration par le perchlorure de fer. Les colorations obtenues s'accentuent avec le temps et persistent huit jours et plus, en présence d'acide chlorhydrique. Elles deviennent rouge saumon après décantation et lavage du chloroforme à l'eau. Elles gardent cette teinte en présence de la soude au millième et redeviennent violacées lorsqu'on réacidifie le chloroforme par HCl ou par HCl additionné de perchlorure de fer (réactif d'Obermayer).

Bien plus, si dans un tube à essais, on ajoute 1^{cm^3} de solution alcoolique de thymol à 5 pour 100, 10^{cm^3} de réactif d'Obermayer et 1^{cm^3} de chloroforme, on voit ce dernier prendre en quelques heures une coloration d'abord mauve, puis violette, qui s'accentue avec le temps et qui présente les mêmes caractères que les colorations obtenues par Hervieux. Le chloroforme n'est point indispensable à la production de la matière colorante : en ajoutant simplement à 1^{cm^3} d'une solution alcoolique de thymol à 5 pour 100, 10 à 20^{cm^3} de réactif d'Obermayer, on constate qu'il se produit, à la surface du liquide, en quelques heures, une couche visqueuse violet foncé facilement soluble dans le chloroforme. La solution chloroformique ne donne pas un spectre d'absorption électif et caractéristique dans la partie visible du spectre.

Ladite solution, évaporée à la température ordinaire ou au bain-marie à 50° laisse comme résidu une substance brune ou violet foncé, se dissolvant à nouveau dans le chloroforme et soluble également dans l'alcool amylique. La coloration observée ne présente aucune analogie avec la coloration bleu violet qui résulte de l'action du per-

(1) *Zeits. f. physiol. Ch.*, 95, 1915, p. 29.
(2) *Bull. Acad. de Méd.*, 107, 1932, p. 27.

chlorure de fer sur les solutions de phénol; cette dernière, en effet, est insoluble dans le chloroforme et disparaît en virant au jaune verdâtre par addition d'HCl.

Tous ces faits ne nous étonnent nullement, car Denigès [1] avait déjà noté que les urines conservées au thymol donnent une coloration violette au chloroforme quand on y recherche des chromogènes indoxyliques.

De ces recherches, il résulte que les colorations mauves ou violacées, attribuées par Ch. Hervieux à la présence de l'indoxyle dans le lait, proviennent de l'attaque du thymol en milieu chlorhydrique par le perchlorure de fer. Elles appartiennent à ce groupe de réactions, de pure coloration, comme les dénomme l'un de nous (Ch. Porcher) trop souvent invoquées en chimie biologique, qui ne répondent pas à un corps jusqu'ici parfaitement défini, qui ne se caractérisent pas par la production d'un spectre d'absorption univoque facile à identifier et que l'on doit, par conséquent, pour la recherche, n'accepter que sous réserve.

Sans nier absolument la présence possible des chromogènes indoxyliques dans le lait normal — présence que l'un de nous a d'ailleurs signalée, mais seulement dans des conditions expérimentales sévères, — nous ferons remarquer que la réaction invoquée par M. Ch. Hervieux, *n'ayant rien à voir avec l'indoxyle*, ne lui permet pas d'en tirer les conclusions qu'il a formulées. On doit toujours admettre jusqu'à preuve du contraire, et à moins de posséder une réaction de l'indoxyle d'une sensibilité encore plus grande que celle de l'isatine chlorhydrique, que, dans des circonstances normales, les dérivés indoxyliques sont absents des laits de la femme, de la vache et de la chèvre.

M. **d'Ocagne** fait hommage à l'Académie d'un travail qu'il a rédigé pour la *Société des Amis de l'École Polytechnique*, sur *Les polytechniciens à l'Institut*. Les anciens élèves de l'École ont jusqu'ici occupé 162 fauteuils à l'Institut, dont 12 à l'Académie française, 8 aux Inscriptions et Belles-Lettres, 4 aux Beaux-Arts, 9 aux Sciences morales et politiques, et 129 aux Sciences. Biot a occupé trois de ces fauteuils (Française, Inscriptions et Sciences); Joseph Bertrand, Charles de Freycinet, Henri Poincaré, le maréchal Foch et Charles Dupin, chacun deux, dont un aux Sciences, le second à l'Académie française pour les quatre premiers, aux Sciences morales pour le cinquième. Cela fait un total de 155 membres de l'Institut issus de l'École

[1] *Précis de Chimie analytique*, 5e édition, p. 1032, note 1.

Polytechnique. Huit d'entre eux ont été appelés aux fonctions de Secrétaire perpétuel : Walckenaer aux Inscriptions; Alfred de Foville aux Sciences morales; Arago, Dulong, Élie de Beaumont, Joseph Bertrand, Albert de Lapparent, Henri Becquerel aux Sciences.

Entre les diverses sections de l'Académie, les 129 membres des Sciences susmentionnés se répartissent comme suit :

Géométrie	14	Minéralogie	14
Mécanique	23	Botanique	1
Astronomie	10	Économie rurale	4
Géographie et navigation	15	Académiciens libres	24
Physique	13	Non résidant	1
Chimie	4	Industrie	6

NOMINATIONS.

MM. **L. Lecornu** et **L. Guillet** sont désignés pour représenter l'Académie à la célébration du *Cinquième Centenaire de l'Université de Caen*.

M. **L. Guillet** est désigné pour représenter l'Académie à la célébration du *Cinquième Centenaire de l'Université de Poitiers*.

ÉLECTIONS.

M. **Paul Bouin** est élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie par 45 suffrages contre 2 à M. *Louis Mercier*, 1 à M. *Louis Boutan* et 1 à M. *Émile Guyénot*.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la place de *Directeur des essais* de l'Administration des *Monnaies et Médailles*, pour la première ligne, M. *Paul Clausman* obtient 39 suffrages; il y a 2 bulletins nuls et

1 bulletin blanc. Pour la seconde ligne, M. *Paul Cordier* obtient 26 suffrages; il y a 3 bulletins blancs et 3 bulletins nuls. Pour la troisième ligne, M. *André Riboulleau* obtient 16 suffrages; il y a 8 bulletins blancs et 1 bulletin nul.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts comprendra :

En première ligne........... M. **Paul Clausman.**
En seconde ligne............ M. **Paul Cordier.**
En troisième ligne........... M. **André Riboulleau.**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

E. Nielsen. *The Biology of Spiders, with Especial Reference to the Danish Fauna*. Vol. I and II.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation fonctionnelle.* Note (1) de M. **Th. Anghelutza.**

M. Pompeiu (2) signale l'équation fonctionnelle

$$(1) \quad F(y+x)f(y+x)+F(y-x)f(y-x)=F(y)[f(y+x)+f(y-x)],$$

en indiquant des solutions particulières. L'équation différentielle assez compliquée satisfaite par $F(x)$ ne permettait pas la résolution complète.

Nous allons prouver que la résolution de l'équation (1) revient à celle d'une équation analogue à l'équation fonctionnelle de Poisson (3). En faisant dans l'équation (1) la substitution

$$F(x)=\frac{\varphi(x)}{f(x)},$$

(1) Séance du 18 janvier 1932.

(2) D. Pompeiu, *Sur une équation fonctionnelle* (*Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1107).

(3) E. Picard, *Leçons sur quelques équations fonctionnelles*, p. 6 (Gauthier-Villars, 1928).

on trouve l'équation fonctionnelle

$$(2) \qquad \varphi(y)[f(y+x)+f(y-x)]=f(y)[\varphi(y+x)+\varphi(y-x)].$$

On arrive aussi à l'équation (2) si l'on cherche les fonctions $f(x)$ et $\varphi(x)$ telles que l'on ait dans la formule

$$\frac{\int_\alpha^\beta f(x)\,dx}{\int_\alpha^\beta \varphi(x)\,dx}=\frac{f(\xi)}{\varphi(\xi)},$$

$$\xi=\frac{\alpha+\beta}{2},$$

quels que soient α et β.

Pour intégrer l'équation (2), il est nécessaire d'éliminer $f(x)$ ou $\varphi(x)$. Pour cela, supposons pour un instant $f(x)$ donné.

De relations

$$\varphi_i(f_{i+1}+f_{i-1})=f_i(\varphi_{i+1}+\varphi_{i-1}) \qquad (i=1,2,3)$$

ayant

$$f(y+ix)=f_i, \qquad \varphi(y+ix)=\varphi_i$$

on tire f_2, f_3, f_4 et l'on substitue ces valeurs dans la relation

$$\varphi_3(f_4+f_2)=f_3(\varphi_4+\varphi_2).$$

Puis on remarque que f_0 et f_1 sont arbitraires et l'on trouve ainsi l'équation fonctionnelle

$$(3) \qquad \frac{f(y+4x)+f(y+2x)}{f(y+3x)}=\frac{f(y+2x)+f(y)}{f(y+x)}.$$

La fonction $\varphi(x)$ satisfait évidemment la même équation fonctionnelle.

L'équation (3) nous donne les relations de récurrences

$$(4) \qquad \begin{cases} f_{2n}-2pf_{2n-1}+f_{2n-2}=0, \\ f_{2n+1}-2qf_{2n}+f_{2n-1}=0, \end{cases}$$

en posant

$$p=\frac{f_2+f_0}{2f_1}, \qquad q=\frac{f_3+f_1}{2f_2},$$

dont la solution générale se trouve sans difficulté.

On a

$$f_{2n}=A(r_1+1)r_1^n+B(r_2+1)r_2^n,$$

A, B étant des constantes arbitraires, r_1 et r_2 les solutions de l'équation

$$r^2-2(2pq-1)r+1=0.$$

On en couclut la relation

$$\frac{f_{2n}+f_{2n-2}}{2f_{2n-1}}=r_1+r_2.$$

Le premier membre ne dépend pas de n et par suite on a l'égalité

$$(5)\qquad \frac{f_n+f_{n-2}}{f_{n-1}}=\frac{f_2+f_0}{f_1}.$$

Les solutions de l'équation (3) satisfont donc l'équation fonctionnelle

$$(6)\qquad \frac{f(y+3x)+f(y+x)}{f(y+2x)}=\frac{f(y+2x)+f(y)}{f(y+x)}.$$

La nature de la solution de l'équation (6) dépend de celle des racines de l'équation

$$r^2-2\omega(x)r+1=0,$$

où

$$\omega(x)=\frac{f_2+f_0}{2f_1}.$$

La fonction $f(x)$ étant continue, $\omega(x)$ sera continue pour $x=0$ et l'on a

$$\omega(0)=1.$$

La discussion comporte par suite trois cas suivant que l'on a pour une valeur de x_0 l'une des inégalités

$$\omega(x_0)=1,\qquad 0<\omega(x_0)<1,\qquad \omega(x_0)>1.$$

Nous donnons pour chaque cas les solutions des équations (2) et (3) :

1° $f(x)=ax+b;\quad \varphi(x)=a'x+b';\quad F(x)=\dfrac{\varphi(x)}{f(x)}.$

2° $f(x)=a\cos\theta x+b\sin\theta x;\quad \varphi(x)=a'\cos\theta x+b'\sin\theta x;\quad F(x)=\dfrac{\varphi(x)}{f(x)}.$

3° $f(x)=a\,\mathrm{ch}\,\theta x+b\,\mathrm{sh}\,\theta x;\quad \varphi(x)=a'\,\mathrm{ch}\,\theta x+b'\,\mathrm{sh}\,\theta x;\quad F(x)=\dfrac{\varphi(x)}{f(x)}.$

Les constantes a, b, θ sont arbitraires.

Remarque. — Si l'on suppose les fonctions $f(x)$ et $\varphi(x)$ dérivable, de l'équation (2) on déduit le système d'équations différentielles

$$f''(x)\varphi(x)-\varphi''(x)f(x)=0,$$
$$f^{(\mathrm{IV})}(x)\varphi(x)-\varphi^{(\mathrm{IV})}(x)f(x)=0,$$

que l'on intègre sans peine.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Reconstruction d'une surface de Riemann σ correspondant à une aire multiplement connexe $\mathfrak{A}$.* Note de M. **Gaston Julia.**

Je reprends les notations employées précédemment (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 38 et 237) et j'indique la méthode de récurrence permettant de reconstruire $\mathfrak{A}$ et σ à partir des domaines successifs

$$U < \lambda_k \quad (k = p-1, p-2, \ldots, 1),$$

par adjonction à ces domaines des anneaux $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ [1] de $\mathfrak{A}$ ou σ. On raisonnera ici sur σ, en supposant $\lambda_0 > \lambda_1 > \ldots > \lambda_p$ pour abréger.

Le domaine initial, $U < \lambda_{p-1}$, de σ, est un disque circulaire à un feuillet compris entre deux cercles de rayons e^{λ_p} et $e^{\lambda_{p-1}}$, le second étant la courbe $U = \lambda_{p-1} - 0$ de σ. Ce feuillet portera le numéro p.

1. Supposons reconstruits les domaines $U < \lambda_k$ et montrons comment on en déduira les domaines $U < \lambda_{k-1}$. En appliquant la règle à partir de $k = p-1$, on reconstruira σ tout entière. Il faut adjoindre à $U < \lambda_k$ l'ensemble des anneaux $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ de σ qui comprennent au total $p-k+1$ feuillets, projetés entre les cercles $|\zeta| = e^{\lambda_k}$ et $|\zeta| = e^{\lambda_{k-1}}$; ces feuillets porteront les numéros $p, p-1, \ldots, k$. Un anneau $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ est uni aux anneaux adjacents $[\lambda_{k+1}, \lambda_k]$:

A. Soit par une *courbe intérieure* $U = \lambda_k + 0$ *de première espèce* se décomposant en une ou plusieurs courbes $U = \lambda_k - 0$ *de première espèce bornant extérieurement* les anneaux adjacents $[\lambda_{k+1}, \lambda_k]$;

B. Soit *le long des* ν_k « *arcs de passage* λ_k » d'une courbe $U = \lambda_k + 0$ *de deuxième espèce* adjacente à ν_k courbes $U = \lambda_k - 0$ *de deuxième espèce bornant extérieurement* les $[\lambda_{k+1}, \lambda_k]$ adjacents;

C. Soit par une courbe $U = \lambda_k + 0$ *de deuxième espèce* adjacente à des courbes $U = \lambda_k - 0$ *de première ou deuxième espèce*, l'union se faisant, soit par les « arcs de passage λ_k », soit par les courbes $U = \lambda_k - 0$ de première espèce bornant extérieurement les $[\lambda_{k+1}, \lambda_k]$ adjacents. Ce cas, résultant de la combinaison de A et B ne peut se produire que s'il existe des zéros de F′ intérieurs à $\mathfrak{A}$ donnant à U la valeur λ_k. Nous l'écartons dans la suite, pour abréger.

---

[1] Je désigne par cette notation un anneau $\lambda_k < U < \lambda_{k-1}$.

2. Les lignes de croisement qui s'établiront dans la reconstruction seront toujours *placées le long de rayons* des anneaux successifs, et *simples*, c'est-à-dire croisant deux feuillets seulement. Ces lignes seront de *première espèce* lorsqu'elles émaneront de *points de ramification intérieurs à* σ [il y en aura a dans les hypothèses présentes et ils sont simples comme les zéros de F']; nous en trouverons b autres, de *deuxième espèce*, dans une large mesure arbitraires, provenant de la reconstruction de σ par anneaux successifs. Exceptionnellement, si deux lignes de croisement devaient se trouver sur un même rayon, nous dévierions l'une d'entre elles au départ par un petit arc de cercle de centre O décrit dans le sens des V croissants. On pourra, de cette manière, éviter aussi les points de rebroussement éventuels $\alpha_m \beta_m$ des courbes $\gamma_i[i = 1, 2, \ldots, (p-1)]$, si on le désire.

3. Cas A. — Aucune difficulté dans le cas A de I. Une courbe $U = \lambda_k + 0$ de première espèce, tout entière intérieure à σ, borde intérieurement un nombre de feuillets de $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ *exactement égal au nombre total des feuillets des* $[\lambda_{k+1}, \lambda_k]$ *adjacents par les courbes* $U = \lambda_k - 0$ *de décomposition* (théorèmes énoncés précédemment sur la variation de V). Ces feuillets de l'anneau $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ seront unis à ceux des anneaux adjacents $[\lambda_{k+1}, \lambda_k]$ le long des courbes précédentes et recevront les mêmes numéros que ceux-ci; les lignes de croisement des $[\lambda_{k+1}, \lambda_k]$ considérés se prolongeront, *ipso facto*, sur les mêmes rayons et feuillets de l'anneau $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ adjacent.

4. Cas B : *Notions préliminaires*. — Envisageons le cas B où l'union d'un anneau $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ avec les anneaux $[\lambda_{k+1}, \lambda_k]$ se fait par les *arcs de passage* λ_k *d'une courbe* γ', $[U = \lambda_k + 0]$, *de deuxième espèce*. Définissons sur cette courbe et sur les $U = \lambda_k - 0$ de deuxième espèce, adjacentes, la *distance réduite entre deux points : c'est la valeur absolue du quotient par* 2π *de la variation de* V (*toujours monotone*) *entre ces deux points*, lorsque γ'_k est décrit dans le sens positif par rapport à l'anneau qu'elle borde. La *longueur réduite de* γ'_k *surpasse d'une unité la somme des longueurs réduites des* $U = \lambda_k - 0$ *adjacentes*. Deux points d'une de ces courbes, à la distance réduite *un*, ou bien sont sur deux feuillets différents, ou bien appartiennent à la ligne de croisement de deux feuillets distincts. Nous appelons $\sigma_1^{(k)}, \sigma_2^{(k)}, \ldots, \sigma_{\nu_k}^{(k)}$ les ν_k anneaux $[\lambda_{k+1}, \lambda_k]$ adjacents à la γ'_k considérée, dans l'ordre où on les rencontre, lorsqu'on décrit γ'_k dans le sens positif. Soient $\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_{\nu_k}$ les nombres respectifs de leurs feuillets; $\mu = 1 + \mu_1 + \ldots + \mu_{\nu_k}$ sera le nombre des feuillets de $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ adjacents par γ'_k à ces anneaux. μ_m est la longueur réduite de la courbe $U = \lambda_k - 0$ frontière de $\sigma_m^{(k)}$. Sur γ'_k distinguons :

1° les ν_k arcs de passage $\widehat{\alpha_m \beta_m}$ $(m = 1, 2, \ldots, \nu_k)$: chacun est *associé* à un *arc de rebroussement* $\widehat{\alpha_m \beta_m}$ de γ_k, $\left(\frac{dU}{d\nu} < 0\right)$, pour constituer une courbe $U = \lambda_k - 0$, frontière de σ_m^{k}, adjacente à γ'_k ; 2° les ν_k *arcs* $\widehat{\beta_m \alpha_{m+1}}$ qui sont *les arcs directs de* γ_k sur lesquels $\frac{dU}{d\nu} > 0$ (ν normale intérieure à σ). L'arc de passage $\widehat{\alpha_m \beta_m}$ a une longueur réduite égale à μ_m diminué de la longueur réduite de l'arc de rebroussement $\widehat{\alpha_m \beta_m}$ associé sur γ_k. Enfin γ_k s'obtient en remplaçant dans γ'_k les arcs de passage par les arcs de rebroussement respectivement associés.

5. *Intervalle d'isolement sur* γ'_k *pour l'arc de passage* $\widehat{\alpha_m \beta_m}$ *de l'anneau* σ_m^{k}. — C'est un *arc de* γ', de *longueur réduite totale* μ_m ayant les propriétés suivantes : 1° s'il est *indécomposé*, il isole (en le contenant) l'arc de passage $\widehat{\alpha_m \beta_m}$ des autres arcs de passage, et ses deux extrémités tombent à l'intérieur des arcs directs de γ_k ou γ'_k comprenant entre eux l'arc de passage $\widehat{\alpha_m \beta_m}$; 2° s'il est *décomposé*, il comprend d'une part un arc de γ'_k de longueur réduite $\mu'_m < \mu_m$ isolant comme au 1° l'arc de passage $\widehat{\alpha_m \beta_m}$ et d'autre part un ou plusieurs arcs de γ'_k, de longueur réduite totale $\mu_m - \mu'_m$, appartenant au sens strict à un ou plusieurs arcs directs de γ_k, les *abscisses curvilignes réduites de l'extrémité d'un de ces arcs et de l'origine du suivant étant congrues* (*mod* 1), en sorte que, mis bout à bout (suivant le module 1), l'ensemble de ces arcs constitue un seul arc de longueur réduite μ_m. Il est possible de déterminer, sur γ'_k, ν_k intervalles d'isolement du type précédent, n'empiétant pas, de longueur réduite totale $\Sigma\mu_m = \mu - 1$, dont les extrémités, dans une large mesure arbitraires, et toutes distinctes entre elles, peuvent toujours être prises intérieures à des arcs directs de γ'_k et correspondant à des valeurs de V distinctes des V *correspondant aux points de ramification intérieurs de* σ. Il restera, en outre, sur γ'_k, un intervalle, décomposé ou non, de longueur réduite égale à *un*. Je donnerai ailleurs la démonstration de l'existence des intervalles d'isolement et leur mode de formation, qui permettent, comme on le verra, de préciser la jonction de l'anneau $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ aux anneaux adjacents $[\lambda_{k+1}, \lambda_k]$ par les arcs de passage $\widehat{\alpha_m \beta_m}$, et d'effectuer le prolongement à $p - k + 1$ feuillets de la portion $U < \lambda_{k-1}$ de σ *dans tout l'intérieur de* $|\zeta| = e^{\lambda_{k-1}}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Des ensembles impropres.* Note de M. **Jean Capoulade.**

Soit un domaine de révolution Ω, engendré par un domaine plan ω, tournant autour de l'axe $z'z$, sans point commun avec ω, mais ayant un segment σ inclus dans sa frontière. J'ai montré [1] que la présence de σ n'affecte pas les propriétés de la fonction de Green du domaine Ω. On peut, avec M. Bouligand, considérer que ce segment joue, dans le plan (r, z) pour l'équation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0, \tag{1}$$

le rôle d'un ensemble impropre, qui lui est exceptionnellement dévolu par le coefficient $\frac{1}{r}$ infini sur ce segment.

La présente Note a pour but de prolonger les résultats de M. Bouligand [2] concernant les perturbations apportées par les singularités des coefficients d'une équation aux dérivées partielles du type elliptique sur le fait que certains ensembles deviennent impropres ou cessent de l'être.

Je considérerai dans le plan une équation de la forme

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + A(x, y)\frac{\partial u}{\partial x} + B(x, y)\frac{\partial u}{\partial y} + C(x, y)\,u = 0 \tag{2}$$

où je supposerai, pour être assuré de l'unicité, $C \leq 0$; les coefficients A, B et C pourront devenir infinis sur certaines lignes dans des conditions que je préciserai ultérieurement. J'examinerai les particularités auxquelles donne lieu la résolution du problème de Dirichlet pour un domaine dont la frontière comprend certaines de ces lignes.

I. Soit d'abord le cas où l'on a :

$$A = \frac{a_0 + f(x, y)}{x}, \qquad C = \frac{b_0 + g(x, y)}{x^2};$$

---

(1) Capoulade, *Sur la fonction de Green harmonique d'un domaine de révolution* (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 325-326).

(2) Bouligand, *Sur les ensembles impropres dans le problème de Dirichlet* (*Acad. Roy. de Belg.*, 5e série, 17, 1931, p. 40-42); *Sur l'équation* $\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{\lambda}{r}\frac{\partial u}{\partial r} = 0$ (*ibid.*, p. 379-383).

B, f, g continues dans la région utile R, ces deux dernières tendant vers zéro avec x; on aura comme ligne singulière un segment σ de l'axe $y'y$ (σ intérieur au sens strict à R).

J'ai alors démontré les résultats suivants :

1° *Pour* $C \equiv 0$ { *si* $a_0 > 1$ *le segment* σ *est impropre;* *si* $a_0 < 1$ *le segment* σ *est propre.*

2° *Pour* $C \neq 0$, *si* $b_0 < 0$ *le segment* σ *est impropre.*

II. Soit maintenant un arc de courbe Γ (pourvu d'une développée) strictement intérieur à une région R dans laquelle notre équation a la forme

$$\Delta u + \frac{\vec{\varphi} . \overrightarrow{\text{grad}}\, u}{\delta} + \frac{j(x, y)}{\delta^2} u = 0,$$

avec $j(x, y)$ continue, δ plus courte distance d'un point voisin de l'arc à l'arc, $\vec{\varphi}$ champ vectoriel continu qui le long de Γ est normal à la courbe et dont la composante tangentielle est inférieure en valeur absolue à $k\delta$, en appelant k un coefficient fini.

J'ai alors démontré que si a_0 désigne la composante de $\vec{\varphi}$ en un point de Γ sur la normale en ce point (orientée vers la concavité) et si b_0 est la limite de j en ce même point, les résultats obtenus précédemment pour σ sont encore valables pour Γ.

III. Dans un ordre d'idées voisin se présente aussi l'étude des conditions dans lesquelles sous l'influence des singularités des coefficients de l'équation un ensemble qui serait impropre pour une équation à coefficients réguliers peut devenir apte à porter efficacement des données. On réalise, avec M. Bouligand, un exemple de cette nature, en prenant dans le plan l'équation (2) admettant le groupe des rotations autour de O et dont une solution invariante par ces rotations satisfasse à $\frac{d^2 u}{dr^2} = 0$.

a. Systématisant, j'ai démontré que pour un domaine ayant pour frontière une sphère et son centre O, et pour l'équation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \lambda_1 \frac{x\frac{\partial u}{\partial x} + y\frac{\partial u}{\partial y} + z\frac{\partial u}{\partial z}}{x^2 + y^2 + z^2} + \frac{\lambda_2}{x^2 + y^2 + z^2} u f(\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}) = 0,$$

dans laquelle $\lambda_2 f \leqq 0$.

1° *Si* $\lambda_2 = 0$,

{ $\lambda_1 < 0$, *le centre* O *est propre;* $\lambda_1 \geqq 0$, *le centre* O *est impropre.*

2° *Si* $\lambda_2 \neq 0$ et si $f(r)$ est développable en série autour de $r = 0$,

$$f(r) = c_0 + c_1 r + \ldots,$$

si $c_0 = 0$ *et* $\lambda_1 < 0$ *le centre est propre, il est impropre dans tous les autres cas.*

b. De même pour un domaine ayant pour frontière une sphère et un diamètre AA′ situé sur l'axe $z'z$ et pour l'équation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \lambda_1 \frac{x\frac{\partial u}{\partial x} + y\frac{\partial u}{\partial y}}{x^2 + y^2} + \frac{\lambda_2}{x^2 + y^2} u f(\sqrt{x^2 + y^2}, z) = 0,$$

dans laquelle $\lambda_2 f \leqq 0$, j'ai obtenu pour déterminer la propriété ou l'impropriété du diamètre AA′ *des résultats identiques.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le problème de Riquier et ses généralisations.* Note de M. **Jean-Pierre Robert**, présentée par M. E. Goursat.

1. Nous appellerons problème de Riquier ([1]) le problème qui consiste à déterminer une fonction n harmonique dans une région $\mathcal{R}$, connaissant les valeurs prises sur la frontière par cette fonction et par ses $n-1$ premiers laplaciens. Le but de la présente Note est de montrer comment on peut en retrouver la solution en utilisant, d'une part, nos formules de médiation ([2]) pour une valeur déterminée du rayon, et d'autre part, des équations intégrales singulières d'un type précédemment étudié ([3]).

Les méthodes employées permettent des généralisations étendues concernant la résolution de problèmes voisins : nous nous bornerons à quelques-uns d'entre eux. Comme précédemment, et sans nuire à la généralité, nous raisonnerons dans le plan.

2. Considérons, dans un plan, une région $\mathcal{R}$ formée d'un domaine fini $\mathcal{D}$ d'un seul tenant et de sa frontière F, P étant un point quelconque de $\mathcal{D}$, nous appellerons ρ la plus courte distance de P à la frontière F et C_P le cercle de centre P et de rayon ρ.

Proposons-nous de trouver une fonction u, solution de $\Delta^{(n)} u = 0$ dans toute la région considérée, et connaissant les valeurs $\varphi_0(Q)$, $\varphi_1(Q)$, ..., $\varphi_{n-1}(Q)$ que prend, sur la frontière, cette fonction u et ses $n-1$ premiers

([1]) Riquier, *Journal de Mathématiques*, 5, 1926, p. 297.

([2]) J.-P. Robert, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 193; 192, 1931, p. 329 et 1146.

([3]) J.-P. Robert, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 242.

laplaciens. Posons, à cet effet,

$$\Delta^{(k)} u = U_k \qquad (k = 1, 2, 3, \quad \ldots, \quad n-1).$$

L'équation $\Delta^{(n)} u = 0$ peut être remplacée par le système

$$\Delta U_{n-1} = 0, \qquad \Delta U_{n-2} = U_{n-1}, \quad \ldots, \quad \Delta U_1 = U_2, \qquad \Delta u = U_1.$$

chacune de ces dernières équations est d'un type classique, d'où l'on déduit l'existence et l'unicité de la solution du problème de Riquier. Utilisons nos formules de médiation relatives aux fonctions n harmoniques et pour la seule valeur ρ du rayon. Les n fonctions précédentes $U_{n-1}, U_{n-2}, \ldots, U_1$ et u vérifient, en tout point P de $\mathcal{R}$, le système d'équations intégrales singulières suivant :

$$(S) \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{1}{\pi\rho^2}\displaystyle\iint_{C_P} U_{n-1}(m)\,d\sigma_m = U_{n-1}(P), \\ \dfrac{1}{\pi\rho^2}\displaystyle\iint_{C_P} U_{n-2}(m)\,d\sigma_m = U_{n-2}(P) + \dfrac{1}{2}B_1^2\rho^2 U_{n-1}(P), \\ \dfrac{1}{\pi\rho^2}\displaystyle\iint_{C_P} U_{n-3}(m)\,d\sigma_m = U_{n-3}(P) + \dfrac{1}{2}B_1^2\rho^2 U_{n-2}(P) + \dfrac{1}{3}B_2^2\rho^4 U_{n-1}(P), \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \dfrac{1}{\pi\rho^2}\displaystyle\iint_{C_P} u(m)\,d\sigma_m = u(P) + \dfrac{1}{2}B_1^2\rho^2 U_1(P) + \dfrac{1}{3}B_2^2\rho^4 U_2(P) + \ldots + \dfrac{1}{n}B_{n-1}^2\rho^{2n-2}U_{n-1}(P) \end{array} \right.$$

(B_n^p désigne un coefficient numérique dont la valeur a été indiquée dans une Note antérieure.)

Or on peut considérer ce système (S) indépendamment de $\Delta^{(n)} u = 0$; chacune des équations du système (S) est du type précédemment étudié; la première équation (S) détermine $U_{n-1}(P)$, puisque l'on connaît les valeurs $\varphi_{n-1}(Q)$ qu'elle prend sur la frontière; la deuxième équation (S) détermine U_{n-2}, etc.; de proche en proche on en déduit la fonction u, prenant les valeurs requises sur le bord. La solution du système (S) étant unique, elle coïncide avec la solution du problème de Riquier.

3. Considérons maintenant une fonction $u(P)$ qui, dans $\mathcal{R}$, vérifie l'équation $\Delta u = R(P)$, où $R(P)$ est une fonction donnée que nous supposons continue dans $\mathcal{D} + F$. Nos formules limitées de médiation nous permettent d'écrire que cette fonction u est solution d'une équation de la forme

$$(1) \qquad \frac{1}{\pi\rho^2}\iint_{C_P} u(m)\,d\sigma_m = u(P) + \rho^2 r(P),$$

laquelle a été envisagée dans notre Note précédente; cette équation (1) admet une solution et une seule prenant des valeurs convenues sur le bord. Nous avons prouvé que cette solution de (1) admettait un laplacien généralisé — au sens de M. Bouligand [1] — en tout point P de $\mathcal{D}$, et que ce laplacien était précisément égal à R(P).

On appliquerait les méthodes précédentes et l'on ferait les mêmes remarques concernant le problème de Riquier relatif à l'équation $\Delta^{(n)} u = R(P)$ où la fonction R(P) est supposée continue dans $\mathcal{D} + F$.

4. Les mêmes méthodes peuvent s'appliquer, à la faveur du dernier théorème de notre précédente Note, au problème de Riquier relatif à l'équation

$$\Delta^{(n)} u + \lambda_1 \Delta^{(n-1)} u + \ldots + \lambda_{n-1} \Delta u + \lambda_n u = 0$$

en supposant que l'équation caractéristique

$$X^n + \lambda_1 X^{n-1} + \ldots + \lambda_{n-1} X + \lambda_n = 0$$

ait toutes ses racines réelles et ≥ 0, l'existence de racines multiples n'introduisant aucune difficulté supplémentaire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains systèmes linéaires d'équations aux dérivées partielles du type elliptique*. Note de M. **M. Ghermanesco**, présentée par M. E. Goursat.

Parmi les systèmes d'équations linéaires aux dérivées partielles du type elliptique, il y en a certains, dont l'intégration peut être réduite à celle d'une seule équation d'un ordre plus élevé mais qui rentre dans un type étudié, tel serait le cas de l'équation n-métaharmonique que nous avons considéré dans quelques Notes antérieures [2].

1. Comme exemple, citons le système d'équations

$$\Delta u_i + \lambda_{i1} u_1 + \lambda_{i2} u_2 + \ldots + \lambda_{in} u_n = f_i \quad (i = 1, 2, \ldots, n), \tag{1}$$

les λ_{ik} étant des constantes, tandis que les f_i sont des fonctions régulières

[1] G. Bouligand, *Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. XI, p. 6 et 13.

[2] *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 107, 477, 638, 918.

dans un domaine D de l'espace à p dimensions. En posant

$$f_1 - \Delta u_1 - \lambda_k u_1 = A_1, \qquad f_k - \lambda_{k1} u_1 = A_k \quad (k = 2, 3, \ldots, n),$$

et en supposant les fonctions u_i dérivables $2n$ fois ou seulement admettant des laplaciens jusqu'au $n^{\text{ième}}$, on obtient pour la fonction u_1 l'équation

$$(2) \qquad \begin{vmatrix}
\lambda_{12} & \lambda_{13} & \ldots & \lambda_{1n} & 0 & 0 & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & 0 & A_1 \\
\lambda_{22} & \lambda_{23} & \ldots & \lambda_{2n} & 1 & 0 & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & 0 & A_2 \\
\ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\
\lambda_{n2} & \lambda_{n3} & \ldots & \lambda_{nn} & 0 & 0 & \ldots & 1 & 0 & \ldots & \ldots & 0 & 0 & A_n \\
0 & 0 & \ldots & 0 & \lambda_{12} & \lambda_{13} & \ldots & \lambda_{1n} & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & \Delta A_1 \\
\cdot & \cdot & \ldots & \cdot & \lambda_{22} & \lambda_{23} & \ldots & \lambda_{2n} & 1 & 0 & \ldots & 0 & 0 & \Delta A_2 \\
\ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\
\cdot & \cdot & \ldots & \cdot & \lambda_{n2} & \lambda_{n3} & \ldots & \lambda_{nn} & 0 & 0 & \ldots & 1 & 0 \ldots 0 \; 0 & \Delta A_n \\
\ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\
\cdot & \cdot & \ldots & \cdot & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & 1 & 0 & \ldots & 0 & 0 & \Delta^{n-2} A_1 \\
\cdot & \cdot & \ldots & \cdot & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & 0 & 1 & \ldots & 0 & 0 & \Delta^{n-2} A_2 \\
\ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\
\cdot & \cdot & \ldots & \cdot & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & 0 & 0 & \ldots & 1 & 0 & \Delta^{n-2} A_n \\
0 & 0 & \ldots & \cdot & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \lambda_{12} & \lambda_{13} & \ldots & \lambda_{1n} & 0 & \Delta^{n-1} A_1
\end{vmatrix} = 0$$

qui, vu les expressions des A_n, n'est qu'une équation de la forme

$$(3) \qquad \Delta^n u + \lambda_1 \Delta^{n-2} u + \lambda_2 \Delta^{n-2} u + \ldots + \lambda_n u = F$$

les λ_i étant des constantes.

2. On réduit de la même manière le système plus général

$$(4) \qquad \Delta^{k_i} u_i + F_{i1}(u) + F_{i2}(\Delta u) + \ldots + F_{ik_i}(\Delta^{k_i-1} u) = f_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

les $F_{im}(\Delta^p u)$ désignant des expressions linéaires et homogènes à coefficients constants par rapport aux fonctions inconnues $\Delta^p u_1$, $\Delta^p u_2$, $\Delta^p u_n$.

3. Le système des deux équations

$$(5) \qquad \begin{cases} \Delta^n u + a_0 u + a_1 \Delta u + \ldots + a_{n-1} \Delta^{n-1} u + b_0 v + b_1 \Delta v + \ldots + b_m \Delta^m v = F, \\ \Delta^m u + \alpha_0 u + \alpha_1 \Delta u + \ldots + \alpha_{m-1} \Delta^{m-1} u + \beta_0 v + \beta_1 \Delta v + \ldots + \beta_n \Delta^n v = \Phi \end{cases}$$

rentre dans le type précédent. En posant

$$A = F - \Delta^n u - a_0 u - a^1 \Delta u - \ldots - a_{n-1} \Delta^{n-1} u,$$
$$B = \Phi - \Delta^m u - \alpha_0 u - \alpha^1 \Delta u - \ldots - \alpha_{m-1} \Delta^{m-1} u,$$

on obtient pour u l'équation

$$(6)\qquad \begin{vmatrix} b_0 & b_1 & \ldots & \ldots & b_m & 0 & \ldots & \ldots & \ldots & 0 & \ldots & A \\ 0 & b_0 & b_1 & \ldots & \ldots & b_m & 0 & \ldots & \ldots & 0 & \ldots & \Delta A \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & 0 & b_0 & b_1 & \ldots & b_m & \ldots & \Delta^n A \\ \beta_0 & \beta_1 & \ldots & \ldots & \beta_n & 0 & \ldots & \ldots & \ldots & 0 & \ldots & B \\ 0 & \beta_0 & \beta_1 & \ldots & \ldots & \beta_n & 0 & \ldots & \ldots & 0 & \ldots & \Delta B \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & \ldots & \ldots & \ldots & 0 & \beta_0 & \beta_1 & \ldots & \ldots & \beta_n & \ldots & \Delta^m B \end{vmatrix} = 0$$

qui est, vu les expressions des A et B, une équation de la forme (3), commençant par un laplacien du $(m+n)^{\text{ième}}$ ordre.

4. La considération des systèmes tels que (5) est imposée, entre autres, quand on recherche les solutions complexes des équations telles que (3) satisfaisant à des conditions données sur la frontière du domaine d'existence des solutions respectives.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le domaine de convergence des séries de polynomes homogènes.* Note de M. F. **Leja**, présentée par M. Émile Borel.

Soit

$$(1)\qquad \sum_0^\infty P_n(x, y)$$

une série de polynomes homogènes des deux variables complexes x et y où $P_n(x, y)$ est un polynome d'ordre n au plus :

$$(2)\qquad P_n(x, y) = a_{n0}x^n + a_{n-1,1}x^{n-1}y + \ldots + a_{0n}y^n \qquad (n = 0, 1, \ldots).$$

Une telle série jouit de la propriété élémentaire suivante : si elle converge en un point (x_0, y_0) elle converge (absolument) en chaque point du cercle

$$x = h x_0, \qquad y = h y_0,$$

où h est un nombre quelconque dont le module est < 1.

Les séries (1) avaient été examinées par M. F. Hartogs. On lui doit la

proposition remarquable suivante, dont la démonstration n'est pas du tout simple (¹) :

A. *Si la série* (1) *converge dans un domaine à 4 dimensions : 1° elle converge uniformément dans le voisinage de chaque point de ce domaine; 2° elle converge nécessairement aussi dans un voisinage de l'origine* $x = y = 0$.

Ce théorème, dont la démonstration donnée par M. Hartogs est basée sur une propriété des séries de fonctions analytiques quelconques (²), peut être considérablement généralisé. En s'appuyant sur certaines propriétés des séries de polynomes d'une variable que j'ai énoncées dans les deux Notes précédentes (³) on peut démontrer ce que voici :

I. *Si la série* (1) *converge sur une surface bicerclée suivante* (⁴) :

$$(3) \qquad |x - a| = r, \qquad |y - b| = s,$$

où les nombres a, b *et* $r > 0$, $s > 0$ *sont quelconques, elle converge uniformément dans le voisinage de chaque point du domaine*

$$|x - a| < r, \qquad |y - b| < s.$$

Cette proposition peut être déduite de la suivante (qui constitue une généralisation insignifiante du théorème contenu dans la seconde des deux Notes citées) : Si une série de polynomes en x

$$\sum_0^\infty Q_n(x) = \sum_0^\infty (c_{n0} + c_{n1}x + \ldots + c_{nn}x^n),$$

dont les coefficients c_{nk}, $k = 0, 1, \ldots, n$, $n = 0, 1, \ldots$, dépendent de la variable y appartenant à un ensemble Y, converge uniformément par rapport à y, pour presque tous les x de la circonférence $|x - a| = r$, la série

$$\sum_0^\infty Q_n(x)(1 - \varepsilon)^n, \qquad \text{où} \qquad 0 < \varepsilon < 1,$$

converge uniformément par rapport aux x et y, où x appartient au cercle $|x - a| < r$ et y appartient à l'ensemble Y.

(¹) *Math. Ann.*, **62**, 1906, p. 72.

(²) *Loc. cit.*, p. 9.

(³) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 506-509 et 764-766.

(⁴) Il suffit même de supposer que cette convergence ait lieu presque partout sur la surface (3).

Observons que la proposition I entraîne immédiatement la partie 1° du théorème A. La partie 2° de ce théorème résulte de la proposition générale suivante :

II. *Si la série* (1) *converge sur une courbe continue*

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad 0 < t < 1, \tag{4}$$

telle que la courbe

$$z = \frac{y(t)}{x(t)}, \quad 0 < t < 1, \tag{5}$$

contienne un arc de longueur positive cette série converge uniformément dans un voisinage de l'origine $x = y = 0$.

Cette proposition est une conséquence du théorème énoncé dans la première des Notes citées. Dans le cas où la courbe (4) se réduit à une circonférence non située sur aucun plan analytique de la forme $ax + by = 0$ on peut établir une proposition beaucoup plus précise que celle qui précède. On peut notamment démontrer que :

III. *Si la série* (1) *converge (presque partout) sur une circonférence*

$$|x - x_0| = r, \quad y = y_0, \tag{6}$$

où $r > 0$ *et* $|y| > 0$ *sont quelconques, elle converge uniformément dans le voisinage de chacun des points du domaine cylindrique*

$$\left| x - \frac{x_0}{y_0} y \right| < r, \quad |y| < |y_0|. \tag{7}$$

Il est évident que le centre (x_0, y_0) de la circonférence (6) est situé sur la frontière du domaine (7) et que ce domaine est d'un seul tenant et contient l'origine $x = y = 0$ à son intérieur. Cette propriété du domaine (7) prouve que, si la série (1) converge dans le voisinage d'un point quelconque P, elle converge uniformément dans un domaine connexe joignant le point P avec l'origine. Il en résulte que :

IV. *Le domaine de convergence d'une série de polynomes homogènes est toujours d'un seul tenant.*

Observons que ce résultat n'est pas contenu dans le théorème A.

Observons encore que l'hypothèse concernant la courbe (5) dans la proposition (II) ne peut pas être rejetée. On peut montrer qu'il existe des séries de polynomes homogènes qui sont convergentes en chaque point d'un ensemble des plans $ax + by = 0$ partout dense dans l'espace et qui ne sont uniformément convergentes dans aucun domaine.

ÉLASTICITÉ. — *Sur l'effort maximum dans un corps plan percé d'un trou circulaire.* Note de M. ÉDOUARD CALLANDREAU.

La présente Note a pour but, en partant des formules intéressantes récemment établies par M. Davin ([1]), d'obtenir de façon simple la grandeur de l'effort maximum, qui, tout au moins en pratique, présente souvent le plus d'intérêt dans de tels problèmes.

Je considère, le centre du trou de rayon r_0 étant pris comme origine, le cas usuel, d'une tension N uniforme à l'infini dont la direction est prise pour celle de l'axe des abscisses, et d'un bord *libre* du trou, sur lequel alors N_r et T s'annulent.

Les efforts normaux maxima, en fait pressions principales, correspondent aux directions porteuses d'efforts tangentiels nuls. Or l'effort tangentiel T, d'après les formules de M. Davin, ne sera nul, en laissant de côté le cas où il le serait identiquement, que si le coefficient n qui y est introduit vaut l'unité; ce qui fait dépendre T du seul multiple 2φ de l'angle polaire, et fournit les directions $(0, \pi)$ et $\left(\pm\frac{\pi}{2}\right)$ pour les éléments relatifs aux pressions principales. Les expressions, en un point (r, φ), de ces dernières s'écrivent donc, compte tenu des conditions à l'infini, où N_r et N_T valent respectivement

$$\frac{N}{2}(1+\cos 2\varphi), \qquad \frac{N}{2}(1-\cos 2\varphi),$$

et sur le bord du trou

$$N_r = \frac{N}{2}\left[\left(1-\frac{r_0^2}{r^2}\right)\left(1+\alpha\frac{r_0^2}{r^2}\right)+\left(1-\frac{r_0^2}{r^2}\right)\left(1+a\frac{r_0^2}{r^2}\right)\cos 2\varphi\right],$$
$$N_T = \frac{N}{2}\left[\left(1+\frac{r_0^2}{r^2}\right)+\alpha\frac{r_0^2}{r^2}\left(1-\frac{r_0^2}{r^2}\right)-\left\{1+(b-1)\frac{r_0^2}{r^2}-a\frac{r_0^4}{r^4}\right\}\cos 2\varphi\right],$$

car l'équation de continuité :

$$\Delta(N_r+N_T)=0$$

liée aux conditions limites montre que la différence des coefficients de $\cos 2\varphi$ dans N_r et N_T est simplement proportionnelle à $\frac{r_0^2}{r^2}$; elle conduit d'autre part à faire α nul. De sorte que l'on a

$$N_r+N_T=\frac{N}{2}\left[2+(a-b)\frac{r_0^2}{r^2}\cos 2\varphi\right].$$

([1]) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1318.

Or les efforts en élasticité plane peuvent être regardés comme dérivant d'une fonction F dite fonction d'Airy; soit :

$$N_T = \frac{\partial^2 F}{\partial r^2}, \qquad N_r = \frac{1}{r}\frac{\partial F}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 F}{\partial \varphi^2}, \qquad T = -\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial F}{\partial \varphi}\right).$$

La première, intégrée deux fois, donne, à certaines constantes, près l'expression de F; la seconde, qui constitue alors une identité, permet de déterminer ces constantes : elle oblige aussi à faire nul le coefficient $(b-1)$ d'un terme logarithmique; enfin la troisième doit s'annuler sur le pourtour du trou, par quoi se trouve fixée l'arbitraire a que l'on obtient égale à -3.

Ce sera donc sur les directions $\varphi = \pm\frac{\pi}{2}$ que N_T et aussi $N_r + N_T$, qui varient alors dans le même sens, présenteront leur maximum. Ce sera aussi sur le pourtour du trou, ainsi qu'il convient pour la fonction $N_r + N_T$ harmonique à l'intérieur du corps. Comme du reste N_r est constamment nul sur ce pourtour, on a, de toute manière, la valeur maxima de l'effort N_T aux deux points $\varphi = \pm\frac{\pi}{2}$ sur le bord du trou. Et l'on retrouve ainsi un résultat déjà obtenu par une autre voie par A. Léon (*Osterr. Wochenschrift f. d. öff. Baudienst*, 1908), à savoir que l'effort N_T peut atteindre aux points précités le maximum 3N.

Il pourrait être intéressant de rechercher la valeur maxima de l'effort lorsque le corps ne peut plus être regardé comme infiniment grand par rapport aux dimensions du trou; mais l'introduction d'une aire doublement connexe rend alors bien moins aisée la solution de la question.

ÉLASTICITÉ. — *Plaques minces rectangulaires soumises à des forces variables.* Note de M. **Sonier**, présentée par M. A. Mesnager.

La flèche w (déplacement élastique normal à la surface de la plaque) en un point quelconque (x, y) d'une plaque rectangulaire, fixée sans encastrement suivant ses quatre bords $x=0$, $x=a$, $y=0$, $y=b$, peut s'exprimer, à tout instant, sous la forme

$$w = \sum_m \sum_n A_{m,n} \sin\frac{m\pi x}{a} \sin\frac{n\pi y}{b},$$

où m et $n = 1, 2, 3, \ldots$

Les facteurs $A_{m,n}$ sont par suite des fonctions du temps t.

De même

$$\varphi = \sum_m \sum_n f_{m,n}(t) \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}$$

peut servir à représenter tout système de forces extérieures, variables ou mobiles, normales à la plaque.

Écrivons maintenant l'équation différentielle des plaques minces

$$\frac{EI}{1-\eta^2} \Delta\Delta w = \varphi - \frac{p}{g} \frac{d^2 w}{dt^2};$$

$\frac{p}{g}$ représente la masse de la plaque par unité de surface;

I est son moment d'inertie pour une section de longueur égale à l'unité;

E, le coefficient d'élasticité de la matière de la plaque;

η, le coefficient de Poisson.

Le symbole Δ signifie $\frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2}$.

En tenant compte des expressions adoptées pour φ et w, cette équation devient

$$\sum_m \sum_n \left[\frac{p}{g} \frac{d^2 A_{m,n}}{dt^2} + \frac{p}{g} N^2 A_{m,n} - f_{m,n}(t) \right] \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} = 0,$$

où

$$N = \pi^2 \left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right) \sqrt{\frac{EIg}{(1-\eta^2)p}}.$$

Elle sera satisfaite, quels que soient x et y, si la quantité entre crochets est nulle, condition qui détermine $A_{m,n}$, en fonction de t, par une équation différentielle linéaire. Il nous suffit, ici, de l'intégrale particulière

$$(1) \qquad A_{m,n} = \frac{g}{pN} \int_0^t f_{m,n}(t_1) \sin N(t-t_1)\, dt_1,$$

car nous n'avons en vue que la détermination de la flèche due aux forces extérieures depuis l'instant (d'ailleurs arbitraire) $t=0$.

Application. — Pour une charge d'intensité P, concentrée au point (x_1, y_1), on doit prendre :

$$f_{m,n}(t) = \frac{4P}{ab} \sin \frac{m\pi x_1}{a} \sin \frac{n\pi y_1}{b};$$

en posant $x_1 = vt$, cette charge se déplace parallèlement à l'axe Ox depuis l'instant $t=0$ où la charge s'est engagée sur la plaque.

On trouve dans ces conditions :

$$(2) \qquad A_{m,n} = \frac{4Pag}{pb(a^2N^2 - \pi^2 v^2 m^2)}\left(\sin\frac{m\pi x_1}{a} - \frac{\pi m v}{aN}\sin\frac{Nx_1}{v}\right)\sin\frac{n\pi y_1}{b}.$$

Calculons la flèche au centre de la plaque, en prenant $y_1 = \frac{a}{2} = \frac{b}{2}$:

$$w = \frac{4(1-\eta^2)Pa^2}{\pi^4 EI}\sum_i\sum_j(-1)^{\frac{i-1}{2}}\frac{(i^2+j^2)\sin\frac{i\pi x_1}{a} - i\alpha\sin\frac{(i^2+j^2)\pi x_1}{\alpha a}}{(i^2+j^2)[(i^2+j^2)^2 - i^2\alpha^2]},$$

avec

$$i \text{ et } j = 1,\ 3,\ 5,\ \ldots \qquad \text{et} \qquad \alpha = \frac{av}{\pi}\sqrt{\frac{1-\eta^2}{EIg}p}.$$

Dans la pratique, α prend généralement des valeurs très petites. Le dernier terme du numérateur, dans la série, correspond alors à une faible oscillation périodique qui présente des maxima ou des minima pour

$$\frac{x_1}{a} = \frac{2k+1}{4}\alpha,$$

k étant un nombre entier ; les k impairs correspondent à des accroissements de la flèche ; le sinus du terme en question est alors égal à -1, car i^2+j^2 est toujours un multiple de 8, plus 2.

Ce cas peut se produire, en particulier, quand $x_1 = \frac{a}{2}$. La précédente formule se réduit, dans ces conditions, à

$$w = \frac{4(1-\eta^2)Pa^2}{\pi^4 EI}\sum_i\sum_j\frac{1}{(i^2+j^2)\left[i^2+j^2-(-1)^{\frac{i-1}{2}}i\alpha\right]}.$$

La série double est transformable en série simple ; en posant

$$\gamma_i = \sqrt{1-(-1)^{\frac{i-1}{2}}\frac{\alpha}{i}}:$$

$$w = \frac{(1-\eta^2)Pa^2}{\pi^3 EI\alpha}\sum_i\frac{(-1)^{\frac{i-1}{2}}}{i^2}\left(\frac{\operatorname{th}\frac{i\pi\gamma_i}{2}}{\gamma_i} - \operatorname{th}\frac{i\pi}{2}\right).$$

Supposons $\alpha = \frac{2}{31}$, valeur de l'ordre de celles que l'on rencontre pour les dalles de ponts; on trouve $w = 0,011937\frac{1-\eta^2}{EI}Pa^2$, flèche peu supérieure

à celle que produirait la charge introduite sans vitesse : $0,01\,1601\,\frac{1-\eta^2}{\mathrm{EI}}\,\mathrm{P}\,a^2$.

Ces formules négligent l'inertie de rotation des éléments de la plaque, facteur généralement peu important. On peut en tenir compte cependant, en partant d'une équation différentielle corrigée en conséquence. On trouve alors qu'il suffit de remplacer p par $p + \pi^2 \mathrm{I}'\left(\frac{m^2}{a^2}+\frac{n^2}{b^2}\right)$ dans les formules (1) ou (2) (y compris dans l'expression de N), $\frac{\mathrm{I}'}{g}$ étant le moment d'inertie, par unité de surface, de la masse de la plaque, par rapport au plan de son feuillet neutre.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les profils virtuels de moindre résistance*. Note de M. MICHEL LUNTZ, présentée par M. M. Brillouin.

Il est possible d'obtenir virtuellement le profil de moindre résistance complétant celui d'un obstacle réel quelconque, en lançant un jet d'air dans le sillage de ce dernier.

Le dispositif expérimental consiste en un tube d'acier de 10^{cm} de diamètre, muni de deux fenêtres en glace, dont l'une sert à l'éclairage et l'autre à l'observation. Un courant d'eau vertical ascendant le parcourt avec une vitesse uniforme. A l'intérieur du tube, on a fixé un disque circulaire plan de 5^{cm} de diamètre, de 1^{mm} d'épaisseur qui crée des perturbations en amont et en aval. Ce disque est percé d'un trou circulaire de 1^{cm} de diamètre par lequel on amène à l'aval du disque et dans son sillage un jet d'air comprimé. Le courant d'eau, dont la vitesse est à peu près de 50^{cm} par seconde (ce qui correspond au nombre de Reynolds de l'ordre de 15000), produit en aval du disque un sillage bien caractérisé.

Sans modifier le débit du courant d'eau, on envoie l'air comprimé dans le sillage. On constate qu'il existe une pression bien déterminée de l'air pour chaque vitesse du courant d'eau, pour laquelle il se forme en aval de l'obstacle une surface de séparation *très nette* entre l'air et l'eau, surface dont la forme est invariable. Pour les pressions plus faibles ou plus élevées, on constate seulement le phénomène banal de la formation des bulles d'air. Comme il fallait bien s'y attendre, cette surface constitue le profil de moindre résistance. En même temps disparaît le mouvement turbulent non seulement en aval de l'obstacle, mais *aussi en amont*.

Ce phénomène très net et très caractéristique permettrait en particulier

de reconnaître expérimentalement le profil de moindre résistance limité en amont par un contour donné et pour un régime d'écoulement donné.

Les figures montrent pour le même courant d'eau l'écoulement en l'absence du jet d'air (*fig.* 1) et l'écoulement qui s'établit lorsque l'eau et le jet d'air ont une surface de séparation (*fig.* 2). On remarquera la disparition des tourbillons en amont de l'obstacle.

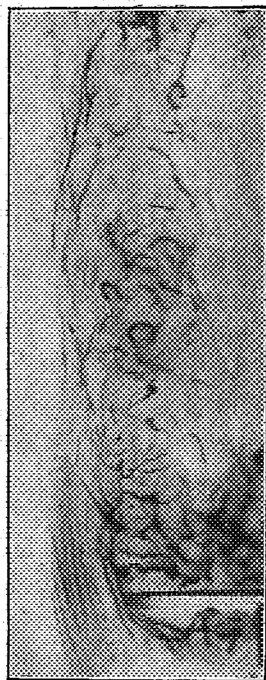


Fig. 1.

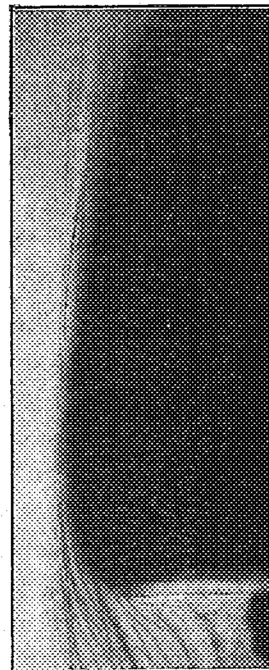


Fig. 2.

Sur ces figures on a photographié la moitié du phénomène, l'autre est identique, le phénomène étant de révolution.

ASTRONOMIE. — *Sur les périodes probables des étoiles doubles visuelles dont l'orbite est encore inconnue.* Note (¹) de M. D. BARBIER, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons indiqué (²) comment on peut déterminer la fonction de répartition des excentricités et des anomalies moyennes des étoiles doubles

(¹) Séance du 25 janvier 1932.

(²) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1635, et **193**, 1931, p. 1393.

dont l'orbite est encore inconnue et comment on peut calculer leurs excentricités probables. Il nous reste à montrer comment on peut obtenir les périodes. Willem J. Luyten a donné [1] dans ce but une formule valable dans tous les cas, même en l'absence de mouvement orbital appréciable. La formule que nous proposerons ici est plus précise et ne nécessite pas la connaissance de la parallaxe du système, mais par contre il faut connaître ρ, ρ'' et θ', ρ et θ désignant la distance et l'angle de position.

La relation suivante s'établit sans difficulté :

$$\theta'^2 - \frac{\rho''}{\rho} = \frac{n^2}{(1 - e\cos u)^3},$$

où n, e et u sont respectivement le moyen mouvement, l'excentricité et l'anomalie excentrique. Suivant une notation que nous avons souvent employée nous poserons

$$\sigma = 1 - \frac{\rho''}{\rho\theta'^2},$$

on obtient alors

$$\log P_{an} = \log 360 - \log\theta' - \frac{1}{2}\log\sigma - \frac{3}{2}\log(1 - e\cos u),$$

et pour la valeur probable de $\log P$,

$$\overline{\log P} = A + \log 360 - \log\theta' - \frac{1}{2}\log\sigma$$

avec

$$A = -\frac{3}{2}\int_0^1\int_0^\pi \log(1 - e\cos u)\,N(e, g)\,de\,dg,$$

$N(e, g)$ est la fonction de répartition de l'excentricité et de l'anomalie moyenne g. Il est aisé de calculer l'erreur probable sur A.

Nous allons d'abord vérifier la formule sur les étoiles dont l'orbite est connue. Nous disposons de 117 couples pour lesquels nous avons calculé θ' et σ à deux époques différentes (1870 et 1910). D'autre part, pour chacune de ces époques, nous déterminons d'après l'orbite la quantité $\log(1 - e\cos u)$; nous avons trouvé ainsi

$$A = +0{,}0032 \pm 0{,}203.$$

Nous avons calculé ensuite la valeur probable de $\log P$ pour chaque étoile. Pour l'ensemble des 117 couples pris deux fois on a

$$\overline{\log P}_{vrai} = 1{,}882 \qquad \overline{\log P}_{hyp} = 1{,}843,$$

---

[1] *Proceedings National Academy of Sciences*, 16, 1930, p. 252.

l'écart moyen est $\pm 0,274$, celui de A étant $\pm 0,203$ nous attribuons la différence, soit 0,071, à l'incertitude des données.

Nous pouvons passer maintenant au calcul de logP pour les étoiles d'orbites inconnues. Nous trouvons d'abord

$$A = -0,0468 \pm 0,235.$$

Nous adoptons pour les erreurs sur les données le nombre 0,071 trouvé précédemment et nous avons

$$\overline{\log P} = 2,509 - \log\theta' - \frac{1}{2}\log\sigma \pm 0,306.$$

Nous obtenons pour valeur moyenne de $\overline{\log P}$ pour l'ensemble des 111 couples dont nous disposons

$$\overline{\log P} = 2,701.$$

Nous avions trouvé pour leurs excentricités :

$$\bar{e} = 0,58; \quad \sqrt{\overline{e^2}} = 0,62.$$

La répartition de $\overline{\log P}$ est la suivante :

$\overline{\log P}$	2,0		2,4		2,8		3,2		3,6		4,0
Nombre		19		58		21		11		2	

Nous avons étudié ensuite la corrélation de $\overline{\log P}$ avec le type spectral; nous reproduisons également les résultats relatifs à $\overline{e^2}$ obtenus précédemment :

Spectre	B.	A.	F.	G.	K.	M.
Nombre de couples	8	19	38	29	13	0
$\overline{\log P}$	2,54	2,60	2,72	2,68	2,95	»
$\overline{e^2}$	0,323	0,347	0,378	0,430	0,458	»

La période et l'excentricité croissent lorsque le type spectral progresse. Reste à étudier la corrélation entre l'excentricité et la période. Le tableau suivant, où les intervalles ont été choisis de manière que le nombre de couples dans chaque intervalle soit sensiblement le même, montre que $\overline{e^2}$ semble croître avec $\overline{\log P}$; mais cet effet n'est pas certain :

$\overline{\log P}$	2,0		2,5		2,7		3,0		4,0
$\overline{e^2}$		0,313		0,441		0,340		0,484	
Nombre de couples		33		31		25		22	

Les nombres ci-dessus sont néanmoins en bon accord avec les nombres trouvés pour les étoiles doubles dont l'orbite est connue. Lundmark [1] avait déduit de ces dernières la formule suivante :

$$e = 0,0973 \log P + 0,3351,$$

ce qui donne

$\log P$	2,25	2,60	2,85	3,50
$e_{\text{calc.}}$	0,554	0,588	0,612	0,676
$\sqrt{\overline{e^2}}_{\text{hyp.}}$	0,559	0,664	0,583	0,696
Δe	+0,005	+0,076	−0,029	+0,020

La formule précédente qui représente bien les données pour $\log P$ compris entre $-2,5$ et $+3,5$ donnerait $e = 1$ pour $\log P = 6,8$ et ceci montre l'intérêt qu'il y a, au point de vue cosmogonique [2], à vérifier cette formule pour des couples de périodes de plus en plus grandes.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Étude de la couronne solaire au spectrohéliographe en dehors des éclipses.* Note [3] de M. **Bernard Lyot**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Au mois d'août 1930 j'avais réussi à voir et à photographier la raie verte et la raie rouge de la couronne solaire avec un spectroscope à vision directe [4].

En 1931, pendant les mois de juillet et août, j'ai repris ces expériences avec deux spectrographes beaucoup plus dispersifs et un spectrohéliographe.

Appareils. — Le premier spectrographe avait pour système dispersif un réseau concave de Rowland de 7^{m} de rayon de courbure, dont la partie striée mesure $14^{cm},5$ et qui travaillait dans le deuxième ordre. Le deuxième spectrographe et le spectrohéliographe avaient pour système dispersif un prisme de 61° en flint, dont les faces mesurent 15^{cm} de large. Ce prisme, placé entre un miroir plan et une lentille simple de $3^{m},60$ de distance focale, était traversé deux fois par les rayons. Les pièces optiques étaient portées par deux bâtis bloqués à l'intérieur du tube du télescope au moyen de vis calantes.

---

(1) *Meddelanden fran astronomiska Observatorium Upsala*, n° 20, 1927.

(2) Ceci signifierait, si notre extrapolation était vérifiée, qu'il n'y a pas de couples de période supérieure à dix millions d'années.

(3) Séance du 25 janvier 1932.

(4) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 834.

La fente et le porte-châssis, communs aux deux appareils, étaient fixés à un panneau de bois que l'on substituait au barillet du miroir.

Les réglages des deux spectrographes étaient faits entièrement de l'extérieur, au moyen de sept commandes en tubes d'aluminium qui traversaient ce panneau.

L'astigmatisme du réseau concave était corrigé au moyen d'une lentille cylindrique convergente placée à une quarantaine de centimètres de la plaque. Cette lentille diminuait la largeur du spectre mais elle augmentait beaucoup sa luminosité.

Les déplacements des raies spectrales, dus aux variations de température du prisme et aux flexions, étaient corrigés, pendant la durée des poses photographiques, en rendant le porte-châssis mobile dans deux directions rectangulaires et en suivant, au moyen d'un microscope lié à celui-ci, une image d'un petit trou éclairé par un arc au fer.

L'image de la couronne était formée par un coronographe plus grand et meilleur que celui de 1930 et dont le tube était fixé le long de celui du télescope [1]. Elle était renvoyée sur la fente du spectrographe par deux prismes à réflexion totale. Sur cette image, le diamètre Est-Ouest du Soleil était parallèle à la fente, il mesurait 30^{mm}. L'enregistrement au spectrohéliographe était fait avec le prisme, en munissant le porte-châssis d'une deuxième fente; les mouvements nécessaires étaient assurés par deux électro-aimants à longue course commandés par une roue à contacts embrayée avec le mouvement d'horlogerie de l'équatorial.

Raie verte. — Au réseau concave, un spectre a été obtenu avec une pose de deux heures et une dispersion de 1,2 Å par millimètre. Il montre, au bord Ouest, la raie verte de la couronne très large, au milieu des raies solaires beaucoup plus fines, dues à la lumière diffuse. Sa largeur totale est de 1,3 Å. La courbe de lumière, relevée au microphotomètre, est très régulière, et, si l'on tient compte de la raie solaire 5302,3, elle paraît bien symétrique.

Avec le prisme et une dispersion de 5 Å par millimètre, j'ai obtenu 7 spectres montrant la raie verte et quatre épreuves par sections dont deux sont très bonnes et montrent ses variations d'aspect de 2 en 2 minutes tout autour du Soleil, jusqu'à 40″ du bord solaire. Sur le cliché, exception faite de ses bords très peu lumineux, la raie paraît avoir en tout point une largeur sensiblement constante de 0,8 ou 0,9 Å. Sa hauteur atteint fréquemment 7′ et même 9′ en certains points. Son intensité s'accroît parfois légèrement lorsqu'on s'éloigne du Soleil, jusqu'à une ou deux minutes du bord solaire; au delà, elle diminue régulièrement. Elle varie beaucoup avec la latitude : elle est, en général, très grande vers l'équateur et faible au delà du 30e degré. Aux pôles, la raie, parfois visible, disparaît souvent

(1) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1169.

complètement. Près du bord, l'intensité, rapportée à celle de 1 Å du spectre continu solaire, atteint, par endroit, 70 millioniėmes et devient, en quelques points, inférieure à 2.5 millioniėmes. Ses variations sont donc beaucoup plus fortes que celles du spectre continu de la couronne. La raie, sensiblement rectiligne, subit parfois de très légères déviations correspondant à des vitesses radiales de quelques kilomètres par seconde.

Les mesures de longueur d'onde ont été effectuées par M. H. Grenat. Leur précision est limitée surtout par la largeur de la raie. La moyenne des valeurs trouvées sur 36 images, exprimée en Å internationaux, est 5302,87 à l'Ouest et 5302,83 à l'Est, La différence 0,04, très incertaine, correspondrait à une rotation un peu plus lente que celle du Soleil. La longueur d'onde moyenne de la raie est $5302,85 \pm 0,03$.

D'autres épreuves ont été obtenues, soit en augmentant beaucoup le nombre des sections, soit en donnant à l'image de la couronne et à la plaque photographique un mouvement continu. Sur ces épreuves, la lumière de la raie verte dessine des masses lumineuses ayant des formes semblables à celles que l'on voit, dans la couronne intérieure, sur des clichés directs pris avec la lumière du spectre continu mais les constrastes de la raie verte sont beaucoup plus accusés.

Raie rouge. — Sept spectres ont été pris avec le prisme et une dispersion de 11 Å par millimètre. Les poses ont varié de 30 minutes à 3 heures 30 minutes sur plaques panchromatiques hypersensibilisées à l'ammoniaque. Sur ces clichés, la raie semble plus large que les raies solaires (sa largeur serait comparable à celle de la raie verte). Elle est visible jusqu'à 6′ du bord solaire. Ses variations d'intensité, étudiées visuellement et sur deux épreuves par sections, étaient analogues à celles de la raie verte. L'intensité maxima, enregistrée au bord Est, a été les 20 millioniėmes de celle de 1 Å du spectre continu solaire. La raie a été photographiée plusieurs fois jusqu'au pôle Nord.

La moyenne des longueurs d'ondes trouvées, par M. H. Grenat, sur les quatre meilleurs clichés, est $6374,75 \pm 0,15$ Å internationaux.

Autres radiations. — J'ai obtenu, avec le prisme et une dispersion de 2 Å par millimètre, des spectres s'étendant jusqu'à 3800 Å ; aucune raie coronale n'y apparaît. Deux bonnes épreuves par sections ont été faites avec la même dispersion, sur les régions des raies coronales 4232 et 4086. On ne voit, sur ces épreuves, que des raies solaires. L'étude de ces clichés montre que, si les raies cherchées n'ont pas une largeur supérieure à celle de la raie

verte, leurs intensités ne devaient pas dépasser 6 millionièmes de celle de 1 Å du spectre continu solaire.

Dans l'extrême rouge, la raie coronale 6704 a été recherchée également sans succès.

Ces résultats, obtenus trois ou quatre ans après le maximum d'activité solaire, montrent que les méthodes employées permettent d'étudier la raie verte et la raie rouge du spectre coronal en tout temps, d'une manière plus précise et plus complète que pendant les éclipses. Les autres raies coronales pourraient, sans doute, être obtenues de la même manière, aux époques de maximum.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le potentiel newtonien.* Note de M. **N. Gunther**, présentée par M. J. Hadamard.

1. Si les points limites d'un ensemble ouvert (E) forment un ensemble (E′) mesurable en sens de Riemann et de mesure nulle, nous dirons que l'ensemble (E + E′) est un domaine. Nous dirons qu'un ensemble de domaines, jouissant d'une certaine propriété, forme un corps, si : 1° chaque domaine (ω) est la limite des domaines inscrits et circonscrits appartenant au corps; 2° les domaines (ω_1) et (ω_2) faisant partie du corps et les points de (ω_1) appartenant à (ω), $(\omega_2)=(\omega-\omega_1)$ appartient au corps, si (ω_2) est un domaine; 3° la partie commune à deux domaines (ω_1) et (ω_2) appartenant au corps appartient au corps, si c'est un domaine.

2. En conservant les définitions attachées à la notion d'une fonction moyenne additive et à variation bornée, formulées dans mes Notes précédentes [1], nous ajoutons la définition suivante. Convenons de dire que la fonction $u(\omega)$ est continue pour le domaine (ω), si $(\underline{\omega})$ et $(\bar{\omega})$ étant les domaines inscrits et circonscrits, on a

$$(1)\qquad \lim u(\underline{\omega})=\lim u(\bar{\omega})=u(\omega),\quad \text{quand}\quad (\underline{\omega})\to(\omega),\quad (\bar{\omega})\to(\omega).$$

La fonction $u(\omega)$, additive et à variation bornée, est continue pour les domaines formant un corps.

---

[1] N. Gunther, *Sur les fonctions universelles de M. A. Korn* (*Comptes rendus* 183, 1926, p. 447); *Sur une application des intégrales de Stieltjes au problème de Neumann* (*Comptes rendus*, 189, 1929, p. 447); *Sur les intégrales de Stieltjes généralisées* (*Atti del Congresso di Bologna*, 2, 1928, p. 313).

3. Quand on se borne à la considération des fonctions moyennes, définies dans un corps, on peut, vu les propriétés (2) et (3) du corps, conserver la définition de l'intégrale de Stieltjes, donnée dans mes Notes mentionnées ci-dessus. Les intégrales qui dépendent des fonctions non bornées seront définies, comme le fait M. F. Riesz ([1]), en posant

$$(2) \qquad \int_{(\Omega)} u(\omega) f(x)\, d\omega = \lim \int_{(\Omega)} u(\omega) f_n(x)\, d\omega, \qquad n \to \infty,$$

où $f_n(x) = f(x)$, si $f(x) \leqq n$, $f_n(x) = n$, si $f(x) > n$, en supposant que les valeurs de $u(\omega)$ et de $f(x)$ sont positives. La fonction additive et à variation bornée étant égale à la différence de deux pareilles fonctions à valeurs positives, la définition donnée subsiste pour chaque fonction moyenne additive et à variation bornée.

4. En déplaçant les points d'un domaine (ω) dans une même direction (L) à la distance δ, désignons par (ω') le domaine (ω) dans sa nouvelle position. Si le rapport $[u(\omega') - u(\omega)] : \delta$ a une limite pour $\delta \to 0$, désignons cette limite par $u'_L(\omega)$ et nommons la dérivée dans la direction (L). Si la dérivée existe pour chaque domaine, elle est une fonction moyenne additive. Si elle est à variation bornée, on peut parler des dérivées secondes et, en outre, du laplacien $\Delta u(\omega)$ de la fonction moyenne $u(\omega)$.

5. Nommons surface (C) une surface ayant en chaque point des éléments de courbure continue. Si (σ) est portion d'une surface (C), (σ_1) le lieu géométrique des points à la distance δ de (σ), $v(x)$ une fonction sommable sur chaque surface (C), $v_1(x)$ sa valeur au point (x_1) de (σ_1) le plus près du point (x) de (σ), nous posons en cas d'existence de la limite

$$(3) \qquad \varphi(v) = \lim \frac{1}{\delta} \int_{(\sigma)} (v - v_1)\, d\sigma. \qquad \delta \to 0.$$

Soit $\sigma(v)$ le flux de v à travers (σ) dans la direction de (σ_1) vers (σ).

6. Envisageons le potentiel newtonien

$$(4) \qquad v(x) = \int_{(D)} \frac{u(\tau)\, d\tau}{r_{10}},$$

dans lequel $u(\tau)$ est une fonction moyenne additive et à variation bornée de domaines (τ) formés par des points (y) appartenant à (D) et τ_0 la dis-

---

([1]) F. Riesz, *Sur les fonctions subharmoniques et leur rapport à la théorie du potentiel* (*Acta mathematica*, 54, 1930, p. 327-328).

tance entre les points (y) et (x) de l'espace. Si la fonction $u(\omega)$ est définie seulement dans un corps de domaines, l'expression (4) n'est bien définie que pour les domaines (D) appartenant au corps. En la définissant, quand (D) n'appartient pas au corps, comme la limite des potentiels, calculés pour $(\underline{D})$ et pour $(\overline{D})$, on obtient des fonctions généralement différentes.

a. La fonction $v(x)$ est à carré sommable pour chaque (ω). On a

$$(5)\qquad v(\omega)=\frac{1}{\omega}\int_{(\omega)} v(x)\,d\omega=\int_{(D)} u(\tau)\,m(y,\,\omega)\,d\tau,\qquad m(y,\,\omega)=\frac{1}{\omega}\int_{(\omega)}\frac{d\tau}{r_{10}}.$$

b. La fonction $v(x)$ est sommable sur chaque portion (σ) d'une surface ayant en chaque point un plan tangent déterminé. On a

$$(6)\qquad v(\sigma)=\frac{1}{\sigma}\int_{(\sigma)} v(x)\,d\sigma=\int_{(D)} u(\tau)\,m(y,\,\sigma)\,d\tau,\qquad m(y,\,\sigma)=\frac{1}{\sigma}\int_{(\sigma)}\frac{d\sigma}{r_{10}}.$$

c. La fonction moyenne $v(\omega)$ a une dérivée dans chaque direction ξ et

$$(7)\qquad v'_{\xi}(\omega)=\int_{(D)} u(\tau)\,m_{\xi}(y,\,\omega)\,d\omega,\qquad m'_{\xi}(y,\,\omega)=\frac{1}{\omega}\int_{(\omega)}\frac{\partial\frac{1}{r_{10}}}{\partial\xi}\,d\omega.$$

Si la frontière de (ω) est composée des portions des surfaces (C), on a

$$(7')\qquad v'_{\xi}(\omega)=\int_{(D)} u(\tau)\left(\frac{1}{\omega}\int_{(\sigma)}\cos(N\xi)\frac{d\sigma}{r_{10}}\right)d\omega=\frac{1}{\omega}\int_{(\sigma)} v\cos(N\xi)\,d\sigma.$$

d. Si (ω) est limité par un nombre fini de portions de surfaces (C):

$$(8)\qquad \sigma(v)\,\sigma=\Delta v(\omega)\,\omega=-4\pi\,u(\omega)\,\omega,$$

quand la fonction $u(\omega)$ est continue pour le domaine (ω). En choisissant convenablement les domaines $(\underline{\omega})$ tendant vers (ω), on peut étendre l'égalité (8) sur chaque domaine (ω) pour lequel la fonction $u(\omega)$ est continue, en formant ainsi un corps (A) de domaines répondant à l'égalité (8).

7. Si les moyennes des deux fonctions sommables $v(x)$ et $w(x)$ ont pour les domaines d'un corps de domaines appartenant à un certain domaine (Ω), les mêmes laplaciens ou les mêmes flux, les fonctions $v(x)$ ou $w(x)$ diffèrent dans (Ω) par une fonction harmonique (si l'on néglige un terme, égal à zéro presque partout).

8. Si, pour un potentiel donné (4), la formule de Poisson généralisée (8) subsiste pour les domaines d'un corps (A) et si le domaine (R) appartenant

à (A) contient (A) dans son intérieur, le potentiel

$$w(x) = -\frac{1}{4\pi}\int_{(R)} \frac{\Delta v(\tau)\, d\tau}{r_{10}} \tag{8'}$$

diffère de $v(x)$ presque partout par une fonction harmonique. Si le domaine (D) appartient au corps (A), on peut prendre (D) à la place de (R). Dans ce cas les potentiels (8) et (8′) sont identiques.

9. Une fonction $v(x)$ ayant les valeurs positives dans un domaine (Ω), semi-continu et superharmonique, possède dans un corps de domaines appartenant à (Ω) des flux et est, par conséquent, égale, à un terme additif près, à un potentiel newtonien ; ce terme additif est une fonction harmonique. La dernière assertion constitue le résultat principal du Mémoire de M. F. Riesz, mentionné ci-dessus.

CHALEUR. — *Sur la variation de dimensions produite par le recuit dans le cuivre écroui.* Note de M. **A. Schweitzer**, présentée par M. G. Charpy.

Au cours d'une étude sur la fabrication des cylindres crushers à canon, nous avons constaté que le cuivre préalablement écroui présentait des variations de dimensions lorsqu'on le soumettait à un recuit. Nous avons cherché à rattacher la grandeur de ces variations aux conditions d'écrouissage et de recuit.

Les crushers utilisés comme éprouvettes (cylindres de 8^{mm} de diamètre et 13^{mm} de hauteur, usinés à $\frac{1}{100}$ de millimètre près) ont été confectionnés en découpant des baguettes de 8^{mm} de diamètre, obtenues par étirage, provenant toutes d'une même coulée très homogène [1] et ne différant entre elles que par le degré d'écrouissage.

Celui-ci a été calculé par la formule

$$\text{écrouissage} = \frac{S - s}{s} \times 100,$$

dans laquelle S est la section aprés le dernier recuit, s la section finale après étirage.

Nous avons obtenu les différentes valeurs de l'écrouissage, en faisant varier S.

---

[1] La proportion de cuivre pur contenu dans les baguettes est 99,963 pour 100.

Après usinage, les crushers ont été soumis à un recuit à température comprise entre 300 et 800°, d'une durée constante 50 minutes permettant dans tous les cas d'atteindre l'état de recuit correspondant à chaque température.

Afin d'éviter l'oxydation, les traitements thermiques ont été effectués dans un four électrique spécial à joint hydraulique, dont le laboratoire était rempli d'azote.

Des expériences préliminaires nous ayant montré que le crusher se déforme en restant semblable à lui-même, nous avons observé les variations de hauteur, ce qui permet d'obtenir le maximum de sensibilité et de diminuer les erreurs de mesure. En effet la hauteur des cylindres crushers est plus grande et plus facile à déterminer que le diamètre.

Pour augmenter la précision des résultats, nous avons pris pour caractéristique la variation moyenne de hauteur de 10 crushers recuits ensemble, exprimée en millimètres et rapportée à une hauteur initiale de 13^{mm}.

Les hauteurs ont été mesurées avec un comparateur au $\frac{1}{500}$ de millimètre.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus.

Écrouissage (pour 100).	Température de recuit. 300.	400.	500.	600.	650.	700.	800.
12,9...	−0,005	−0,0045	−0,004	−0,002	+0,0005	+0,005	+0,0276
26,6...	−0,005	−0,0045	−0,004	−0,0015	+0,002	+0,007	+0,031
79.....	−0,005	−0,0045	−0,004	−0,0013	+0,004	+0,012	+0,038
125.....	−0,005	−0,0045	−0,004	−0,0007	+0,0065	+0,017	+0,047
415.....	−0,005	−0,0045	−0,004	0	+0,0095	+0,0245	+0,0685

On voit que :

1° Pour un même échantillon de cuivre et une durée de recuit constante, la variation de hauteur est négative, nulle ou positive, suivant que la température est inférieure, égale ou supérieure à une certaine limite.

Celle-ci, qui paraît comprise entre 600 et 650°, est d'autant plus élevée que l'écrouissage est plus petit.

La *valeur algébrique* de la variation croît avec la température.

2° Toutes autres choses restant égales, la variation de hauteur semble indépendante de l'écrouissage quand la température est inférieure à 550° environ.

Au delà, *sa valeur algébrique* est d'autant plus grande que le métal est plus écroui.

Au-dessus de 650°, la variation de hauteur est toujours *positive*.

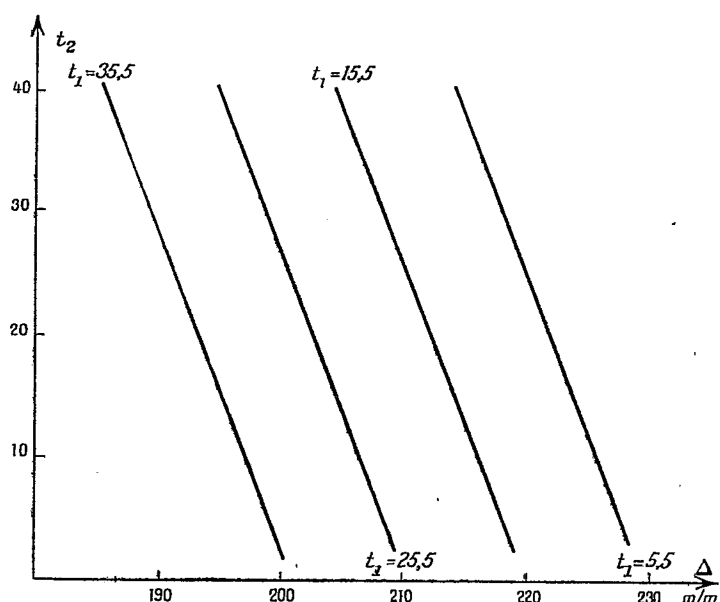
THERMO-ÉLECTRICITÉ. — *Sur quelques propriétés de thermocouples à vide.* Note (¹) de M. **J. Jaffray**.

J'ai montré (²) que la relation entre la déviation Δ du spot d'un galvanomètre, relié à un thermocouple à vide, et l'intensité du courant traversant la résistance chauffante est

$$\Delta = K I^n,$$

K et n caractérisant l'ensemble thermocouple-galvanomètre, à une température donnée.

Quand la température extérieure varie, la graduation du thermocouple n'est plus valable : la différence de température entre soudure chaude et soudure froide et les propriétés du galvanomètre sont modifiées.



J'ai étudié l'influence de la température sur un certain nombre de thermocouples. Pour cela j'ai disposé le galvanomètre dans un premier thermostat, le thermocouple dans un autre et j'ai fait varier séparément leurs températures. Les résultats sont les suivants :

(¹) Séance du 25 janvier 1932.

(²) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 926.

1° Faisons passer dans la résistance chauffante un courant d'intensité constante. Le galvanomètre étant à la température fixe t_1, faisons croître (de o à 40°) la température t_2 du thermocouple; la déviation Δ décroît suivant une loi très approximativement linéaire. La loi de décroissance de Δ est la même, quand on recommence les mesures pour d'autres valeurs de t_1 (comprises entre o et 40°).

La figure indique les variations de Δ pour le thermocouple ancien modèle dont il a été parlé précédemment. (Le courant traversant le thermocouple est de 58,o milliampères.)

2° La variation de log Δ en fonction de log I, les températures du galvanomètre et du thermocouple étant différentes, est représentée par une droite, parallèle à celle dont il a été parlé dans la Note précédente. Il en résulte que n est quasi indépendant de la température; seul K varie.

On peut donc construire, à partir des résultats de 1°, une table à double entrée donnant K en fonction de t_1 et t_2 et, à l'aide de cette table, calculer facilement I, connaissant Δ, t_1 et t_2.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Mesures d'intensité dans le spectre ultraviolet au moyen de cellules photo-électriques sensibilisées par le salicylate de soude.* Note (¹) de MM. **André Chevallier** et **Pierre Dubouloz**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons indiqué les conditions d'application des substances fluorescentes aux mesures photo-électriques dans l'ultraviolet. En utilisant la méthode décrite (cellule au potassium sensibilisée par le salicylate de soude, et amplification par triode), il est possible de mesurer dans des conditions de fidélité et de stabilité satisfaisantes, d'une part, l'émission d'une source ultraviolette, et, d'autre part, d'apprécier le pouvoir absorbant d'une substance interposée sur le trajet des radiations.

Dans le premier cas nous avons étudié le tube de Chalonge et Lambrey. En tenant compte de la dispersion du monochromateur employé, nous avons obtenu la courbe ci-contre (*fig.* 1), qui donne l'intensité de la lumière de fluorescence en fonction de la longueur d'onde de la lumière excitatrice fournie par le tube. Il est très remarquable que cette courbe

(¹) Séance du 25 janvier 1932.

s'apparente, d'une manière très proche, à celle que les calculs de Winans et Stueckelberg permettent de prévoir pour la répartition de l'énergie dans le spectre continu de la molécule d'hydrogène, et qu'en outre Chalonge lui-même a observée.

Il semble donc que cette méthode puisse s'appliquer, d'une manière correcte, à la mesure de l'émission dans l'ultraviolet, et qu'il soit possible de

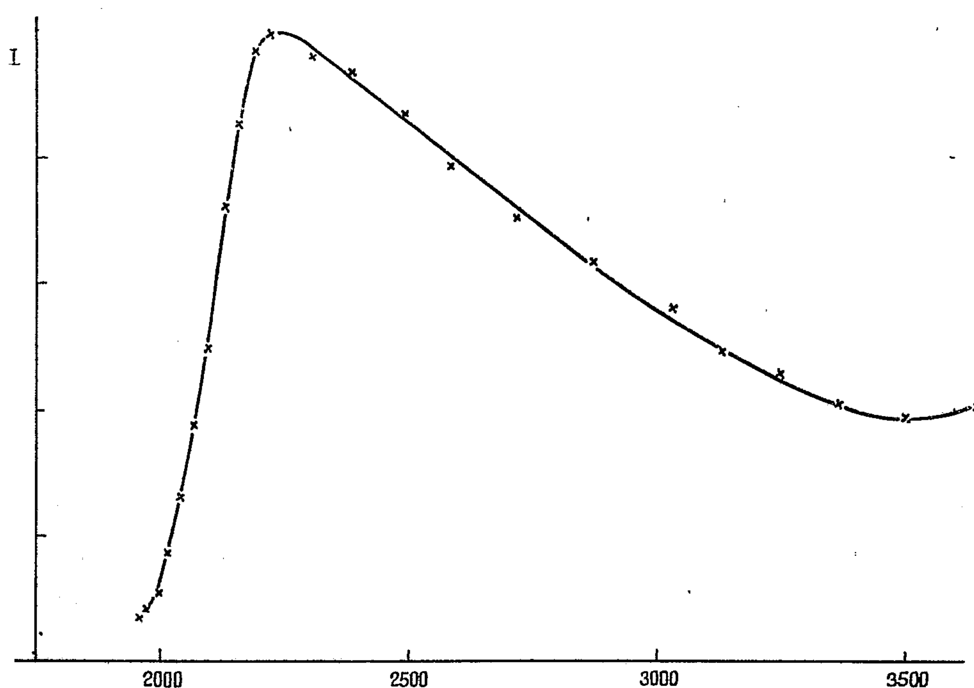


Fig. 1. — Intensité de la lumière de fluorescence en fonction de la longueur d'onde de la lumière excitatrice.

l'utiliser pour comparer l'énergie émise par des sources différentes dans une même région spectrale.

D'autre part nous avons étudié, à titre d'exemple, par la même méthode l'absorption dans l'ultraviolet d'une solution d'acétone, substance dont la courbe nettement caractéristique a été étudiée avec précision par Victor Henri. Le tracé ci-après donne la courbe que nous avons obtenue et qui se rapproche très sensiblement de celle trouvée et calculée par cet auteur (*fig.* 2).

A ce propos, il faut remarquer que cette méthode, tout au moins dans

les conditions où nous l'avons appliquée (dispersion insuffisante du monochromateur), ne permet pas de préciser la structure de certaines bandes aussi finement que la méthode photographique. Mais d'autre part, elle est

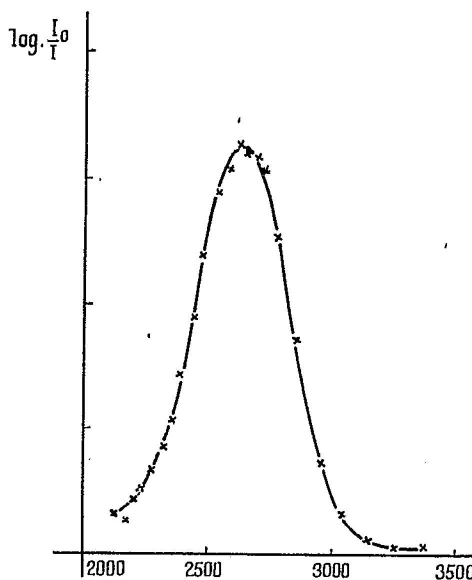


Fig. 2. — Courbe d'absorption.

incontestablement plus rapide et, par une lecture pour ainsi dire directe, permet d'éviter le détour de la plaque photographique et les inconvénients que celle-ci comporte.

ÉLECTROCHIMIE. — *Action du champ électrique sur la gélatine. Effet de la présence d'un indicateur.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

La gélatine purifiée du commerce, toujours douée d'acidité, réagit mécaniquement au champ électrique. Étalée liquide et chaude sur une plaque de verre, et soumise au champ lorsqu'elle est déjà prise en gelée, et non encore sèche, elle subit des déformations, dénivellations ou plissements, non seulement aux électrodes mêmes, comme l'a signalé notamment Michaud (1), mais encore dans l'espace intermédiaire. Dans des conditions

(1) Michaud, *J. Chim. Phys.*, 30, 1924, 386.

expérimentales appropriées, on parvient à discerner un certain nombre de régions plus ou moins distinctes.

Dans le cas où une matière colorante, telle que le bleu de méthylène, a été préalablement incorporée à la gélatine, le champ la répartit inégalement entre ces diverses zones, selon une cataphorèse compliquée, antérieurement décrite ([1]).

Dans le cas où c'est un indicateur qui imprègne la gélatine, les déformations observées s'accompagnent de virages, mettant en évidence l'existence de sauts brusques dans la variation de la concentration en ions hydrogène, entre une électrode et l'autre.

Les expériences ont été pratiquées sous une différence de potentiel de quelques volts, à l'aide d'un montage déjà utilisé, l'une des électrodes étant une feuille métallique, taillée circulairement, appliquée sur la plaque de verre, et l'autre un fil métallique central perpendiculaire : de cette manière, les zones obtenues sont annulaires. C'est à l'électrode-fil que les effets sont les plus marqués. En chaque cas, le sens du champ a été choisi le plus avantageux pour la zone à examiner.

Nous indiquerons les résultats fournis par quelques indicateurs, en spécifiant pour chacun d'entre eux, d'après Clark ([2]), l'intervalle de concentration en ions hydrogène, correspondant du virage caractéristique.

A proximité de la cathode, la gélatine se gonfle et perd sa transparence. Avec une cathode-fil, en imprégnant la gélatine de phénolphtaléine (pH de 8,3 à 10,0), l'œdème cathodique se colore en rouge; en imprégnant la gélatine de bleu de Nil (sulfate) (pH de 10,2 à 13,0), l'œdème cathodique vire au pourpre.

Hors de l'œdème cathodique, la gélatine conserve constament sa transparence.

La zone qui succède à l'œdème cathodique est à réaction encore faiblement basique. La teinture de tournesol (pH de 4,5 à 8,3) y est bleue, et le bleu de bromothymol (pH de 6,0 à 7,6) n'y vire pas au jaune.

La zone suivante, légèrement acide, ne paraît guère affectée par l'action du champ. Rose lilas au tournesol, elle est jaune pâle au bleu de bromothymol.

La zone contiguë, de niveau sensiblement inférieur, et qu'on peut appeler la dépression cathodique, est à réaction très franchement acide. Le rouge

---

([1]) SUZANNE VEIL, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 768.

([2]) CLARK, *The determination of hydrogen ions*, Londres, 1928.

Congo (pH de 3,0 à 5,0) y emprunte son virage bleu, le méthylorange (pH de 3,1 à 4,4) son virage rouge, et le violet de méthyle (pH de 0,15 à 3,2) ses virages successifs, par dégradation, jusqu'au jaune. Parfois, la dépression anodique laisse apercevoir, vers son milieu, un faible indice de déformation.

Enfin, tout contre l'anode, la gélatine semble se relever, tandis qu'éventuellement, avec les trois précédents indicateurs le virage acide cesse de se manifester.

D'après ce qui précède les déformations subies par la gélatine, dans le champ électrique, sont consécutives aux phénomènes physico-chimiques dont le milieu est le siège.

Étant données, par ailleurs, les réactions mécaniques bien connues de la gélatine à la seule concentration en ions hydrogène, en l'absence de tout champ appliqué, les expériences ci-dessus établissent une corrélation entre deux ordres de phénomènes, de prime abord indépendants; résultat susceptible d'intéresser le domaine physiologique, en ce qui concerne, en particulier, les problèmes de la contraction musculaire.

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude des tensions dans le cuivre électrolytique déposé en présence de gélatine*. Note de M. **P. Jacquet**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons étudié les dépôts électrolytiques de cuivre obtenus en présence de gélatine (¹) par la méthode de MM. C. Marie et N. Thon (²), qui permet de mettre en évidence, avec une très grande précision, les tensions existant dans les dépôts métalliques obtenus par électrolyse.

Méthode expérimentale. — Les cathodes sont constituées par des lames de cuivre polies et parfaitement planes (dimensions $65^{mm} \times 7^{mm},5$, épaisseur $0^{mm},04$). Les solutions électrolysées renferment 150^g. $SO^4Cu, 5H^2O$ par litre, elles sont amenées à pH = 0,85 environ par addition de SO^4H^2.

La gélatine est ajoutée à l'état de solution à $2^g,5$ par litre pour les fortes concentrations et à $0^g,100$ par litre pour les très faibles concentrations. Dans ce qui suit les concentrations en gélatine sont données en milligrammes par litre de solution.

Résultats expérimentaux. — 1° Les résultats des expériences sont reproductibles si l'on a soin d'opérer dans des conditions rigoureusement identiques.

(¹) C. Marie et P. Jacquet, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 41.
(²) C. Marie et N. Thon, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 31.

2° Comme l'ont montré MM. C. Marie et N. Thon (¹), on obtient toujours en solution fortement acide des contractions pour le cuivre pur.

3° Aux concentrations comprises entre 0mg,5 et 50mg, la gélatine augmente beaucoup la valeur de ces contractions, comme le montre le tableau ci-dessous.

Les dépôts ont l'aspect du cuivre électrolytique ordinaire.

Les valeurs indiquées pour les contractions correspondent aux déplacements en centièmes de millimètre de l'extrémité de la cathode pendant 1 minute d'électrolyse.

Gélatine (en mg par litre).	0.	1.	2.	6,5.	20.	35.	40.
Contractions	5 à 6,1	8,8	9,8	15	15,6	16,7	17,6

4° Entre 50 et 125mg de gélatine, les contractions présentent une série de fluctuations, en même temps que les dépôts passent graduellement de l'aspect ordinaire (mat) à l'aspect brillant.

5° Entre 125 et 190mg, les contractions décroissent régulièrement; les dépôts sont très brillants.

6° A partir de 190mg et jusqu'à 500mg, les contractions font place à des dilatations de valeurs croissantes; les dépôts sont brillants entre 190 et 250mg et sont mats au delà.

Dans les limites de concentrations ci-dessus, les expériences donnent lieu en outre aux observations suivantes :

A. Jusqu'à 50mg de gélatine les contractions se manifestent dès le début de l'électrolyse.

B. A partir de 50mg on observe, au début de la formation du dépôt, des dilatations d'autant plus fortes que la concentration en colloïde est plus grande. Ces dilatations sont d'abord de peu de durée, mais à partir de la concentration de 200mg, elles se poursuivent pendant toute la durée de l'électrolyse (30 minutes).

C. Pour les concentrations supérieures à 50mg, on observe en outre, quan d ou coupe le courant, des contractions qui indiquent une évolution continue du dépôt. Ces contractions présentent, entre 50 et 120mg, des fluctuations analogues à celles observées pendant l'électrolyse dans les mêmes limites de concentration (voir 4°).

D. Ces contractions croissent à partir de 120mg, elles passent par un maximum à 250mg, puis décroissent régulièrement.

(¹) *Loc. cit.*

L'aspect des dépôts change en même temps : brillants jusqu'à 250^{mg}, ils deviennent mats ensuite.

De l'ensemble de ces faits on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Les changements d'aspect des dépôts électrolytiques de cuivre effectués en présence de quantités variables de gélatine sont liés étroitement aux variations que l'on observe dans les tensions présentées par ces dépôts.

2° Ces tensions paraissent être la résultante de 3 tensions de nature différente :

a. Des contractions correspondant à celles que l'on constate dans l'électrolyse du sulfate de cuivre pur;

b. Des dilatations qui apparaissent au cours de l'électrolyse à partir de 50^{mg} de gélatine;

c. Des contractions présentées par ces dépôts immédiatement après l'arrêt de l'électrolyse.

3° Le dépôt électrolytique du cuivre est extrêmement sensible à l'action de la gélatine. La quantité minima susceptible d'agir est en effet comprise entre 0,5 et 1^{mg} par litre.

Cette valeur correspond d'autre part au « nombre d'or » de ce colloïde.

Des expériences actuellement en cours ont permis en outre de mettre en évidence d'une manière manifeste l'influence du mode de préparation des solutions de gélatine employées et les variations que subissent avec le temps ces solutions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du système* $PO^4H^3.Ca(OH)^2.CO^2.H^2O$. Note [1] de M. **René Pallu**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Pour étudier l'action de l'acide carbonique sur les phosphates de chaux, j'ai réalisé différents mélanges de carbonate de chaux solide avec une solution phosphorique normale en $P^2O^5/2$ [2], j'ai complété le volume à 100^{cm^3} dans tous les cas par addition d'eau; puis j'ai fait barboter du gaz carbonique jusqu'à établissement de l'équilibre (environ 2 mois).

J'ai mesuré la conductibilité des liqueurs à 15° et j'en ai fait l'analyse ainsi que celle du précipité.

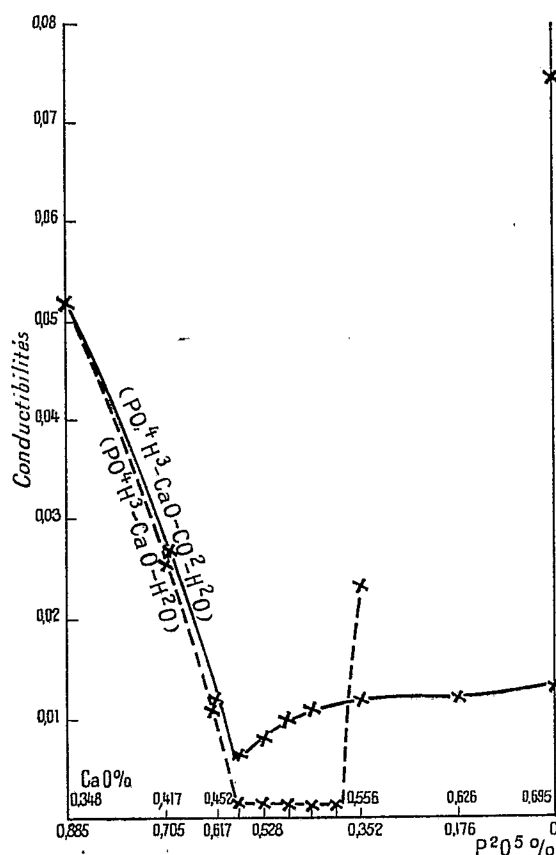
---

(1) Séance du 25 janvier 1932.

(2) Le système PO^4H^3, $Ba(OH)^2$, CO^2, H^2O a été étudié d'une façon identique et a fait l'objet d'une précédente Note (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 109).

La courbe des conductibilités reproduite figure ci-après présente un point anguleux très net pour le mélange P^2O^5 (pour 100 parties d'eau) = 0,587, CaO pour 100 = 0,464 correspondant à la neutralisation des deux premières fonctions de l'acide phosphorique. La présence de phosphate tricalcique ne se manifeste pas.

Par contre en neutralisant de l'acide phosphorique 0,248 normal en $P^2O^5/2$ par un



lait de chaux de même titre en l'absence de gaz carbonique, j'ai trouvé deux points anguleux dans la courbe des conductibilités, l'un correspondant au phosphate dicalcique, l'autre correspondant à un point pour lequel le rapport $\frac{P^2O^5}{CaO}$ est compris entre 0,30 et 0,28. Pour ce mélange comme pour les mélanges plus basiques le précipité est franchement colloïdal, je n'ai pu ni filtrer, ni décanter la solution, ce qui apporte quelques imprécisions dans la mesure des conductibilités. Je ne peux donc décider s'il s'agit d'un précipité plus basique que le phosphate tricalcique ainsi que l'ont men-

tionné certains auteurs [1] ou si au contraire, comme d'autres l'indiquent [2] ce serait le phosphate tricalcique qui absorberait de la chaux.

L'analyse de la phase solide en équilibre avec les diverses phases liquides dans le système PO^4H^3, $Ca(OH)^2$, CO^2, H^2O a montré que le précipité est constitué par du phosphate dicalcique pour les mélanges dont la teneur en chaux ne dépasse pas la neutralisation de la deuxième fonction de l'acide phosphorique. Pour des mélanges plus basiques on trouve, outre le phosphate dicalcique, des proportions croissantes de carbonate de chaux. Le phosphate se présente en lamelles minces, il perd son eau de cristallisation incomplètement à 100°, en quelques heures à 190°. Il répond à la formule $PO^4HCa.2H^2O$; c'est le dihydrate décrit par Barillé [3] et Bassett [4].

Les résultats des analyses de la phase liquide en équilibre avec les différents précipités sont consignés dans le tableau suivant :

Mélanges.		CaO pour 100		P^2O^5 pour 100		
P^2O^5 dans 100 parties d'eau.	CaO dans 100 parties d'eau.	avec CO^2.	sans CO^2.	avec CO^2.	sans CO^2.	CO^2 pour 100.
0,885	0,348	0,348	0,333	0,885	0,870	0,146
0,705	0,417	0,168	0,145	0,420	0,371	0,167
0,617	0,452	0,065	0,052	0,156	0,135	0,189
0,573	0,469	0,025	0,003	0,026	0,004	0,205
0,528	0,487	0,033	traces	0,016	0,001	0,223
0,485	0,504	0,038	traces	0,014	traces	0,245
0,440	0,522	0,043	traces	0,011	traces	0,245
0,352	0,556	0,054	(*)	0,005	(*)	0,253
0,176	0,626	0,052	(*)	–	(*)	0,250

(*) L'analyse de ces solutions n'a pu être effectuée, le précipité colloïdal ne pouvant être filtré.

Ce tableau nous montre que d'une façon générale la présence de CO^2 augmente le pourcentage de P^2O^5 solubilisé. Son action est de plus en plus sensible à mesure que l'on s'avance vers les mélanges basiques.

(1) Bassett, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 39, 1917, p. 520; Herman, Tartar, Lorah, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 1091.

(2) Jolibois, Maze-Sencier, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 36.

(3) Barillé, *Thèse Pharm.*, Paris, 1900.

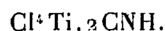
(4) Bassett, *Zeit. anorg. Chem.*, 53, 1907, p. 34.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'acide cyanhydrique sur les halogénures des métaux trivalents et tétravalents.* Note de M. T. **Karantassis**, présentée par M. G. Urbain.

Une Note récente de Leonor Eric Hinkel et Richard Trevor Dunn (1) sur les combinaisons d'addition du chlorure d'aluminium et de l'acide cyanhydrique nous donne l'occasion d'exposer ici les résultats que nous avons obtenus en 1926.

Action de l'acide cyanhydrique sur le tétrachlorure de titane. — Une prise de 3g,6995 de Cl^4Ti est placée dans un tube en U, dont les deux branches latérales sont remplies de Cl^2Ca anhydre. On y introduit, en refroidissant à l'aide d'un mélange de glace et de sel, un excès d'acide cyanhydrique; il se forme immédiatement une masse jaune. L'excès d'acide cyanhydrique est chassé en plongeant d'abord le tube dans de l'eau distillée à 30°, ensuite en chauffant jusqu'à 60-70°. Le produit de la réaction se sublime en donnant des cristaux jaunes.

On a obtenu 4g,8095 de produit, ce qui correspond à la formule



$$Cl^4Ti.2CNH.$$

Les mêmes résultats ont été obtenus en faisant agir 2mol d'acide cyanhydrique sur 1mol de tétrachlorure de titane.

Le tétrachlorure stannique a donné avec l'acide cyanhydrique un précipité blanc très volatil qui n'a pu être analysé. Il semble qu'un produit analogue a été obtenu par L. Klein (2).

On a essayé avec d'autres halogénures tels que les I^4Sn, I^2Sn, Br^4Sn, Cl^3Sb, Cl^3As et Cl^3Cr sans résultat.

Action de l'acide cyanhydrique sur le chlorure d'aluminium. — Une prise de 1g,6124 de Cl^3Al anhydre est placée dans un ballon; on y ajoute un excès d'acide cyanhydrique : une réaction vive se produit pendant l'addition de l'acide. Le ballon est refroidi par un mélange de glace et sel. Pour chasser l'excès d'acide on chauffe à 30° et l'on enlève les dernières traces par le vide. On obtient une masse légèrement jaunâtre.

Le produit obtenu pèse 1g,8834 ce qui correspond à la formule $Cl^3Al\,2CNH$.

En chauffant le produit à une température comprise entre 60° et 80°C., la masse se liquéfie et commence à brunir sans se volatiliser. Si l'on continue à chauffer pendant un quart d'heure à 100°C. le produit perd 0,977 pour 100 de son poids initial.

Au bout de 3 heures la masse brunit de plus en plus et la perte atteint 1,22 pour 100. Le résidu est une masse gélatineuse brune.

---

(1) *J. Chem. Soc.*, 1931, p. 3343.
(2) *Lieb. Annalen*, 74, 1850, p. 85.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transformation des cétones en carbures d'hydrogène liquides*. Note de MM. **A. Mailhe** et **Renaudie**, présentée par M. C. Matignon.

On sait que sous l'action du nickel divisé, vers 300°, le groupe CO des cétones tend à se séparer pour libérer les résidus forméniques auxquels il est uni. Le charbonnement du nickel est intense par suite de la décomposition trop active des résidus libérés (¹).

L'un de nous a montré que le cuivre électrolytique provoque une scission identique à 600-650° et que les résidus séparés du carbonyle se changent en carbures forméniques ou éthyléniques, ou se scindent en résidus plus simples, sans qu'il y ait formation sensible de charbon (²).

Ipatiew, Petroff et Ivanoff ont publié sur la condensation de l'acétone ordinaire entre 300 et 500°, sous pression de 200^{atm}, une série de travaux où ils ont montré qu'en présence d'alumine ou de chlorure de zinc, on obtient surtout du mésitylène à côté d'autres hydrocarbures (³) de nature éthylénique.

Nous avons essayé d'effectuer la décomposition des cétones à la pression ordinaire, à une température de 700-750°, en présence de silicagel. Ce catalyseur n'agit pas brutalement sur les résidus forméniques et ne les détruit pas en charbon et hydrogène à la manière du nickel. Par contre, il provoque la condensation de ces résidus en hydrocarbures liquides.

Le mode opératoire et l'appareil sont ceux que nous avons employés pour transformer les amylènes en carburants liquides (⁴). Par catalyse des différentes cétones, nous avons obtenu des produits liquides ayant une légère acidité. Ils ont été neutralisés avant rectification.

1° La décomposition de l'acétone ordinaire à 720-750° a fourni : *a.* une essence de $D_{15} = 0,895$, qui débute à la distillation à 60°; *b.* une huile lourde de couleur brune de densité voisine de l'unité; *c.* des gaz.

La rectification de l'essence a fourni les fractions suivantes :

(¹) Sabatier et Senderens, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, 4, 1905, p. 474.

(²) A. Mailhe, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 31, 1922, p. 863.

(³) J. *Soc. Chim. russe*, 58, 1926, p. 1028.

(⁴) *Comptes rendus*, 192, 1930, p. 561.

Température.	Volume (en cm³).	D_{16}.	n_D^{22}.	Indice d'iode.
< 80°	7	0,8830	1,4908	17,6
80- 85	53	0,8827	1,4927	8
85- 90	37	0,8835	1,4950	11
90-100	21	0,8827	1,4968	20
100-110	15	0,8798	1,4995	25
110-120	5	0,8822	1,5028	40
120-130	5	0,8845	1,5065	50
130-140	6	0,8964	1,5163	»
140-150	13	0,9129	1,5348	»

Il reste 16cm³ distillant au-dessus de 160°.

Les densités et les indices de réfraction montrent que l'on a affaire surtout à des hydrocarbures aromatiques. La fraction 80-85° se change presque entièrement en nitrobenzine par nitration et dans la portion 100-110°, on trouve le toluène.

Les indices d'iode des premières portions sont peu élevés; ils indiquent qu'elles renferment peu de carbures éthyléniques; on les trouve en plus grande quantité dans la suite.

Enfin la naphtaline commence à distiller vers 170° et le liquide total en renferme 3g,5.

L'huile brune est formée, jusqu'à 175°, de 36cm³ d'essence identique à la précédente; puis de 175° à 230°, de naphtaline, d'huiles moyennes entre 230° et 300° et d'huiles lourdes de 300° à 360°, qui se prennent en masse par refroidissement; on en isole l'anthracène.

Les gaz formés durant la décomposition de l'acétone renferment surtout du CO (33 pour 100), C^nH^{2n} (9 pour 100) et CH^4 (40 pour 100), avec peu d'hydrogène (5 pour 100). C'est la formation d'oxyde de carbone qui est prépondérante ainsi que celle du méthane. Les carbures éthyléniques sont constitués par du propylène et de l'éthylène. La forte proportion de gaz formés pendant la réaction ne permet pas d'atteindre un pourcentage élevé en produits liquides.

2° La propione $(CH^3CH^2)^2CO$, qui bout à 102°, fournit plus aisément, sur silicagel à 720°, une réaction de même nature que l'acétone ordinaire.

L'essence obtenue est formée surtout de benzine et de toluène, avec une petite quantité de carbures éthyléniques. Elle donne par fractionnement :

Tempér.	Vol. en cm³.	D_{25}.	n_D^{25}.	Indice d'iode.
Avant 75°........	3	0,7862	1,4508	165
75- 85°........	11	0,8547	1,4764	41
85- 95°........	11	0,8571	1,4688	59
95-120°........	5	0,8584	1,4506	67

L'huile brune commence à distiller à 83°; elle renferme de l'essence analogue à la précédente, de la naphtaline, des huiles moyennes, des huiles lourdes contenant de l'anthracène, et il reste un brai gras.

Dans les gaz, on trouve toujours 30 pour 100 de CO, 19 pour 100 de CH^4 et une dose importante (32 pour 100) d'éthylène, Le rendement en essence et en huile atteint à peine 7 à 8 pour 100.

3° La butyrone $(CH^3CH^2CH^2)^2CO$ qui bout à 144° fournit à 720-730°, une quantité abondante de gaz formés de 20 pour 100 CO, 23 pour 100 CH^4 et 35 pour 100 de propylène. L'essence a une densité $D_{16} = 0,810$; elle débute à la distillation à 53° et fournit avant 100° 67 pour 100 de produits légers et 33 pour 100 entre 100° et 180°. Ils sont constitués par un mélange de carbures aromatiques et éthyléniques. C'est la benzine qui est le produit dominant. En bien moins grande quantité, on trouve le toluène et le métaxylène.

L'huile condensée à la sortie du tube à catalyse est formée presque entièrement par de l'essence et une petite quantité d'huile moyenne qui laisse séparer de la naphtaline.

Ces résultats montreut qu'il est possible de décomposer catalytiquement les cétones à la pression ordinaire et d'obtenir des carbures liquides de nature aromatique et éthylénique, ainsi qu'une faible proportion de carbures polycycliques.

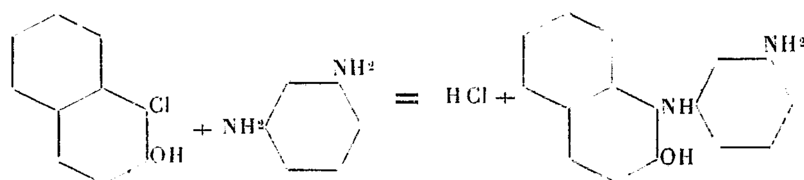
CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de nouveaux dérivés du β-naphtol.* Note de MM. **A. Wahl** et **R. Lantz**, présentée par M. C. Matignon.

En 1922, nous avons décrit une nouvelle série de dérivés du β-naphtol, les *arylamino-1-oxy-2-naphtalènes*, qui s'obtiennent aisément en faisant agir les amines primaires de l'α-chloro ou l'α-bromo-β-naphtol [1]. L'étude de cette réaction nous a montré qu'elle s'applique également aux diamines et à leurs dérivés, pourvu que ces diamines renferment un groupe aminé primaire libre.

[1] *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 171.

Le mode opératoire consiste, en général, à chauffer l'halogénonaphtol avec un excès de la diamine, en présence ou non d'un dissolvant, à des températures comprises entre 100 et 140° et pendant une durée variable suivant la diamine mise en réaction. La masse prend une coloration intense et la marche de la transformation peut être suivie par la mise en liberté d'acide halogéné; quand la réaction est terminée, le produit est entièrement soluble dans l'acide chlorhydrique étendu. La masse est versée dans l'eau froide qu'on additionne d'acide jusqu'à réaction acide au papier Congo et dans le liquide filtré, coloré, on précipite les nouveaux produits par addition d'acétate ou de carbonate de sodium. La purification en est souvent pénible, et l'élimination de la matière colorante formée demande des lavages avec l'alcool ou la benzine, parfois même, il convient de passer par l'intermédiaire du chlorhydrate d'où l'on régénère ensuite la base. Ces bases, après recristallisation, se présentent sous forme de cristaux blancs ou faiblement teintés, plus ou moins solubles dans les solvants organiques en leur communiquant une fluorescence bleue.

Amino-3'-phénylamino-1-oxy-2-naphtalène. — S'obtient en faisant réagir la méta-phénylène-diamine sur 1'-chloronaphtol suivant la réaction



On chauffe au bain d'huile, 30g de méta-phénylène-diamine fraîchement distillée et 10 à 15g de xylène puis on ajoute, en agitant, 10g d'α-chloro-β-naphtol, on amène la température intérieure à 140° et on la maintient pendant 5 heures; on verse dans 300cm³ d'eau qu'on additionne de HCl jusqu'à réaction acide. Au liquide filtré on ajoute une solution d'acétate de soude, qui précipite la base en flocons gris qui sont essorés, séchés et recristallisés dans le xylène bouillant; un lavage à l'alcool froid les rend blancs.

L'amino-3'-phényl-1-oxy-2-naphtalène forme des cristaux F. 161° insolubles dans l'eau, solubles dans les acides minéraux et la soude caustique. L'analyse a donné N pour 100 : 11,6; calculé pour $C^{16}H^{14}N^2O$: N pour 100 : 11,2.

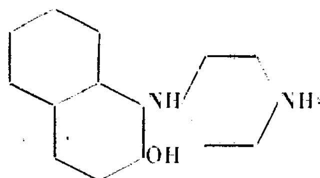
En remplaçant le choronaphtol par le bromonaphtol, la réaction est plus rapide, il suffit de chauffer pendant 1h,20 à 95°, mais le produit est un peu plus difficile à purifier. La *m*-toluylène-diamine donne dans ces mêmes con-

ditions l'*amino-3'-toluylamino-1-oxy-2-naphtalène* qui cristallise dans le xylène en lamelles grisâtres F. 188° (trouvé N pour 100 : 11,04; calculé $C^{17}H^{16}N^2O$; N pour 100 : 10,6). L'addition de HCl concentré à une solution méthylalcoolique refroidie de la base provoque la formation de *chlorhydrate* cristallisé dont l'analyse indique la formule $C^{17}H^{16}N^2O\,2HCl$; trouvé HCl pour 100 : 21,48; calculé 21,6.

Diméthylamino-3'-phénylamino-1-oxy-2-naphtalène :

Se prépare en chauffant pendant 2 heures à 120° un mélange de bromonaphtol avec un excès de diméthylmétaphénylène-diamine; la masse bleu foncé est traitée comme ci-dessus et le produit purifié par cristallisation dans la benzine puis dans l'alcool méthylique. La base cristallise en longues aiguilles blanches teintées de gris bleuâtre F. 154°.

Amino-4'-phénylamino-1-oxy-2-naphtalène :



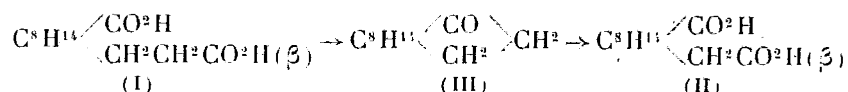
On l'obtient en ajoutant lentement une partie de bromo-β-naphtol à 3 parties de paraphénylène-diamine mélangée de la moitié de son poids de xylène à la température de 135°. L'addition de bromonaphtol provoque une élévation de la température jusque vers 143-145°, en même temps qu'une forte coloration. Après un quart d'heure la réaction est terminée et tout est soluble dans HCl dilué. La solution chlorhydrique peu acide est additionnée d'acétate de sodium ce qui élimine en partie la matière colorante et la solution filtrée est neutralisée par Na^2CO^3. Le précipité coloré est trituré avec de l'éther qui dissout une matière brune; le résidu gris est séché et cristallisé dans le xylène bouillant. *L'amino-4'-phénylamino-1-Oxy-2-naphtalène* forme de petites aiguilles prismatiques F. 185-186° (trouvé N pour 100 = 11,2, calculé pour $C^{16}H^{14}ON^2$ N pour 100 = 11,2). Le dérivé acétylé se forme quand on fait réagir l'acétyl-*p*-phénylène-diamine sur l'α-bromo-β-naphtol à 140-150°; *l'acétylamino-4'-phénylamino-1-oxy-2-naphtalène* cristallise en aiguilles blanches dans l'alcool étendu, qui fondent à 215-216°.

La réaction des diamines sur les dérivés halogénés du β-naphtol est toujours accompagnée de la formation de matières colorantes en notable proportion, c'est pourquoi le rendement est moins élevé que dans le cas des monamines primaires. La facile altérabilité des aminophénylamino-1-oxy-

2-naphtalènes nous avait fait espérer qu'ils pourraient recevoir une application comme colorants d'oxydation pour la teinture des fourrures. Les essais entrepris dans ce sens n'ont fourni que des teintes peu intenses et sans intérêt pratique. Ce résultat est d'autant plus inattendu que des composés isomères comme le 4'-aminophénylamino-2-oxy-6-naphtalène, le 4'-aminophénylamino-1-oxy-5-naphtalène et le 4'-aminophénylamino-2-oxy-7-naphtalène ont été revendiqués pour la teinture des fourrures dans les brevets français 644190 et 644349 de l'*I. G. Farbenindustrie*.

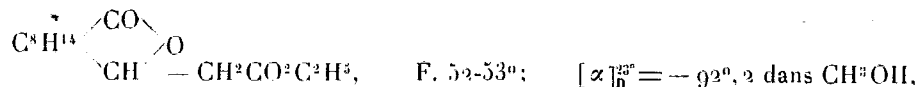
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide β-homocamphorique. Nouveau mode de formation du β-camphre*. Note de M. F. **Salmon-Legagneur**, présentée par M. M. Delépine.

J'ai indiqué ([1]) un mode de préparation d'un homologue en β de l'acide camphorique : l'acide α-carboxycamphoceane-β-propionique (I), obtenu par réduction de l'acide α-carboxycamphoceane-β-acrylique, (ce dernier étant lui-même préparé par condensation en présence de zinc de l'éther β-aldéhyde-camphorique avec l'éther bromacetique) ([2]). La présente Note a pour objet de montrer comment on peut passer de l'acide α-carboxycamphoceane-β-propionique à son homologue inférieur l'acide β-homocamphorique (non signalé jusqu'à présent) (II). Le sel de plomb du premier acide (I), calciné, conduit comme je l'ai montré au β-homocamphre (III), je pensais qu'il suffirait d'oxyder directement cette dernière cétone par l'acide nitrique pour obtenir l'acide cherché.



([1]) F. Salmon-Legagneur, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 748.

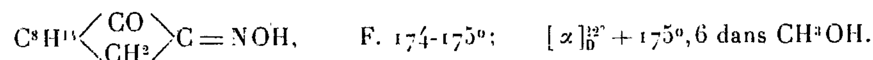
([2]) En réalité le produit de cette dernière réaction est non l'éther de l'acide α-carboxycamphoceane-β-acrylique, comme on le supposait primitivement, mais l'éther β-campholide-acétique :



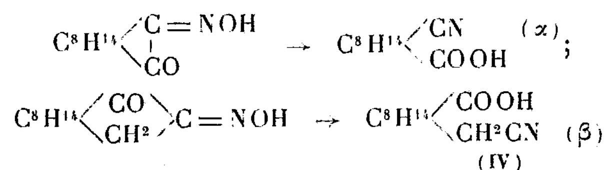
dont la composition centésimale est très voisine. Ce dernier saponifié par la potasse conduit bien à l'acide α-carboxycamphoceane-β-acrylique; saponifié au contraire par l'acide sulfurique à 20 pour 100 il donne l'acide β-campholide-acétique correspondant : F. 213°; $[\alpha]_D^{18°} = -63°,38$ dans CH^3OH.

En fait l'acide β-homocamphorique se forme bien dans ces conditions, mais en quantité très faible : le produit principal de la réaction étant un composé, fondant vers 80-82°, constitué en majeure partie par le dérivé dinitré du β-homocamphre.

Aussi ai-je préféré obtenir l'acide β-homocamphorique de la façon suivante : le β-homocamphre, par action de l'amidure de sodium et du nitrite d'amyle, a été transformé, en son dérivé isonitrosé :



L'isonitroso-β-homocamphre ainsi obtenu a été traité par le chlorure de thionyle puis par l'eau. Dans une publication antérieure ([1]) j'ai montré que dans ces conditions l'isonitrosocamphre ordinaire donne l'α-mononitrile de l'acide camphorique (le produit intermédiaire étant le chlorure de l'acide nitrile final); de même dans le cas présent l'isonitroso-β-homocamphre se transforme en β-mononitrile de l'acide β-homocamphorique (IV) [F. 154-156°; $[\alpha]_D^{20°}$ + 40°,15 (dans l'alcool méthylique)] :



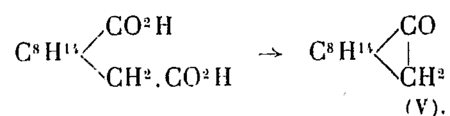
Il est nécessaire, pour obtenir des résultats satisfaisants dans la réaction ci-dessus, d'opérer en présence d'un large excès de chlorure de thionyle sinon l'isonitrosohomocamphre non encore attaqué, réagissant sur le produit chloré intermédiaire, donne des produits de condensation qui diminuent sensiblement le rendement de l'opération. Puis le β-mononitrile de l'acide β-homocamphorique a été successivement saponifié par l'acide sulfurique à 85 pour 100 et la potasse pour conduire en premier lieu à l'acide β-homocamphoramique : $C^8H^{14}(CO^2H).CH^2CONH^2$ (F. 256°), et finalement à l'acide β-homocamphorique (II) : Fus. 220°-222°; $[\alpha]_D^{18°} = +27°,20$ dans C^2H^5OH (petits cristaux prismatiques solubles dans l'eau bouillante et l'alcool chaud).

Il restait alors à vérifier que la calcination du sel de plomb de l'acide ainsi obtenu conduisait bien au β-camphre (V) ou « épicamphre » de

---

([1]) F. Salmon-Legagneur, *Annales de Chimie*, 10e série. 7, 1927, p. 398.

MM. Lankshear, Perkins et Bredt (1), préparé par des méthodes tout à fait différentes ; c'est bien ce que l'on observe :



Le rendement de la calcination ne dépasse pas il est vrai 30 pour 100, mais le camphre que l'on obtient fond bien à 182°, point indiqué par les précédents auteurs; il est effectivement gauche dans le benzène $[\alpha]_D^{20°} = -57°,5$ (Bredt et Perkins donnent pour leur produit $[\alpha]_D^{19°} = -58°,2$), le β-homocamphre de départ étant au contraire fortement dextrogyre. De plus l'oxime et la semi-carbazone préparées à partir du camphre de calcination fondent bien comme l'indiquent Bredt, Perkins et Bredt-Savelsberg, l'oxime à 103° (2) et la semi-carbazone à 230° (tube capillaire) (2). L'identité du camphre ainsi préparé avec l'épicamphre déjà connu ne fait donc pas de doute.

En résumé, la préparation de l'acide β-homocamphorique se fait aisément à partir du β-homocamphre par l'intermédiaire successif de l'isonitrosohomocamphre et des acides β-nitrile-β-homocamphorique et β-homocamphoramique. Il est de plus possible de passer de l'acide β-homocamphorique au β-camphre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les ricinoléates droits d'α-phényléthylamine et d'éphédrine gauches*. Note de MM. **Émile André** et **Charles Vernier**, présentée par M. M. Delépine.

Nous avons indiqué un procédé de préparation de l'α-phényléthylamine racémique que nous avons réussi à dédoubler assez facilement en ses constituants droit et gauche (3).

Nous avions en vue, en effectuant cette préparation, l'étude d'un certain nombre de sels provenant de la combinaison de l'acide ricinoléique avec diverses bases organiques optiquement actives.

(1) Lankshear et Perkins, *Proc. Chem. Soc.*, 27, 1911, p. 167; Bredt, *Chem. Zeit.*, 35, 1911, p. 715; Bredt et Perkins, *Journ. Chem. Soc.*, 103, 1913, p. 2182.

(2) Bredt et Bredt-Savelsberg, *Ber. d. d. chem, Ges.*, 62, 1929, p. 2216.

(3) E. André et Ch. Vernier, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1192.

Nous avons fait connaître [1] les raisons qui nous portaient à croire que cet acide est constitué par un mélange d'isomères, d'activité optique différente, et nous avons émis l'hypothèse qu'il pouvait s'agir du cas le plus simple, c'est-à-dire d'un mélange d'acide ricinoléique racémique et d'acide droit.

Les données que l'on trouve dans les publications antérieures sur le pouvoir rotatoire de l'acide ricinoléique sont assez contradictoires. Walden, pour ne citer que cet auteur, indique [2] pour la solution acétonique d'acide ricinoléique des pouvoirs rotatoires spécifiques variant de $+6^\circ 15'$ à $+7^\circ 30'$. Nous avons préparé nous-mêmes des échantillons d'acide ricinoléique présentant des caractères de pureté chimique satisfaisants (indice de saturation et indice d'iode) et dont la déviation droite au tube de 10^{cm} variait de $+6^\circ 30'$ à $+7^\circ 28'$.

Ricinoléate droit d'α-phényléthylamine gauche. — Nous avons saturé, au sein de l'éther, de l'acide ricinoléique présentant une déviation droite ρ_D^{23} de $+6^\circ 30'$ par l'α-phényléthylamine gauche ($\rho_D^{18} = -38^\circ$). Après évaporation de l'éther, nous avons obtenu une substance sirupeuse que nous sommes parvenus, après de nombreux essais infructueux, à faire cristalliser partiellement. Nous avons essoré les cristaux sur plaque poreuse. Le sel obtenu fondait à $39^\circ,5$-40°. Son pouvoir rotatoire spécifique en solution dans l'alcool méthylique à la concentration de 10 pour 100, et à la température de 15°, était $[\alpha]_D^{15} = +2^\circ 30'$. En le décomposant par l'acide chlorhydrique dilué, nous en avons retiré un acide ricinoléique qui, examiné au polarimètre, a donné une déviation : $\rho_D^{23} = +7^\circ 28'$.

Ricinoléate droit d'éphédrine gauche. — La préparation de ce sel a été opérée de la même façon à partir d'un acide ricinoléique dont la déviation polarimètrique au tube de 10^{cm} était : $\rho_D^{23} = +7^\circ 8'$.

Nous avons obtenu un sel cristallisé qui a pu être purifié par plusieurs cristallisations dans l'éther. Son point de fusion était de $54^\circ,2$, et son pouvoir rotatoire spécifique en solution dans l'alcool méthylique (concentration $\frac{1}{5}$) était $[\alpha]_D^{20} = -15^\circ 45'$. Ces deux constantes physiques n'ont pas été modifiées par de nouvelles cristallisations. L'acide ricinoléique retiré de ce sel a donné au polarimètre une déviation $\rho_D^{23} = +7^\circ 28'$. La densité de cet acide à 23° était 0,9443, ce qui fournit un pouvoir rotatoire spécifique : $[\alpha]_D^{23} = +7^\circ 54'$. Le produit retiré de la solution mère était également cris-

(1) E. André et Ch. Vernier, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 178.

(2) P. Walden, *Ber. d. d. chem. Ges.*, 27, 1894, p. 3471.

tallisé et fondait mal vers 41°. Son pouvoir rotatoire, en solution dans l'alcool méthylique (concentration $\frac{1}{5}$) était : $[\alpha]_D^{20} = -14°20'$. L'acide ricinoléique régénéré de ce sel a donné une déviation polarimétrique au tube de 10^{cm} : $\rho_D^{23} = +6°12'$.

En résumé, nous avons préparé sous forme cristallisée les ricinoléates droits d'α-phényléthylamine et d'éphédrine gauches à partir de deux échantillons d'acide ricinoléique de pureté chimique paraissant satisfaisante, mais de pouvoirs rotatoires différents. L'un et l'autre nous ont fourni un sel de base optiquement active dont l'acide ricinoléique régénéré possédait un pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]_D^{23} = +7°,54'$, et par suite nous considérons cette valeur comme le pouvoir rotatoire spécifique de l'acide *d*-ricinoléique pur. Nous sommes en droit de conclure en outre que l'acide ricinoléique de l'huile de ricin n'est pas une espèce chimique pure, mais qu'il contient un acide isomère dont la présence explique les variations de ses propriétés optiques; sa nature exacte (inverse optique ou isomère de position) reste à déterminer.

GÉOLOGIE. — *Les grès siluriens et les roches intrusives alcalines des formations anciennes du Tibesti.* Note de M. **Dalloni.**

Sur la surface arasée des formations cristallines et schisteuses, extrêmement plissées, du Tibesti s'élève, dans la majeure partie du massif, une longue série de terrains gréseux dont l'aspect répond à l'un des traits les plus saisissants de la physionomie du pays : la sauvage grandeur des paysages sculptés par l'érosion quaternaire dans ces couches puissantes, mais relativement tendres, souvent friables, qui constituent des plateaux d'architecture tabulaire, tombant à pic sur des gorges profondes, a vivement frappé tous les explorateurs.

Il ne paraît pas douteux que ces grès, qui entourent le massif ancien d'une enceinte continue, l'ont jadis entièrement recouvert ; c'est sur la bordure nord que cette couverture est le plus sérieusement entamée, car elle n'y est plus guère représentée, par places, que par des témoins isolés, aux silhouettes parfois étranges, sur la pléneplaine granitique et schisteuse. Les grès montent très haut dans la zone centrale du Tibesti, mais ils s'abaissent doucement vers les immenses dépressions qui le limitent et leur inclinaison est si faible qu'on a pu les considérer comme rigoureusement horizontaux ; c'est une illusion, car il est aisé de se rendre compte qu'on chemine très

longtemps, malgré la différence de niveau, sur les mêmes strates; d'autre part, les brusques accidents qui les affectent, au cœur du massif, font apparaître le substratum cristallin, visiblement surélevé sous le manteau gréseux, qui a dû se gondoler et se fracturer pour en épouser la surface.

C'est donc par erreur qu'on a attribué à ces assises, supposées horizontales, une épaisseur extraordinaire; celle-ci n'atteint pas certainement 500^m et loin de comprendre, comme on pouvait le penser, toute la série primaire, l'ensemble ne paraît correspondre, dans tout le Tibesti, qu'au seul terrain silurien. On peut y établir cependant trois subdivisions :

I. Il débute à peu près constamment par un horizon plus ou moins épais (10 à 30^m), de poudingue à cailloux de quartz; les éléments de ce conglomérat, toujours bien roulés, sont empruntés aux nombreux filons qui criblent le substratum, ils sont en moyenne de la grosseur du poing et, quand le ciment qui les réunit s'est effrité, ce qui n'est pas rare, ces galets quartzeux sont épars au pied des hautes falaises gréseuses. Fréquemment, les lits de poudingue alternent avec des marnes schisteuses et des grès versicolores, passant à des arkoses.

Les grès qui viennent ensuite, parfois rubanés (Ouri, Mossei, etc.), se débitent en larges dalles sonores. Le ciment peut être très ferrugineux à la base, mais les couches suivantes, sur une centaine de mètres, sont d'ordinaire très grossières, siliceuses, blanchâtres ou rosées, chargées de gravier; ces grès à dragées présentent une typique « stratification entre-croisée ».

II. L'horizon moyen, bien que moins puissant, offre, à divers égards, plus d'importance; il comprend surtout des psammites. Ces grès argileux, bien lités, se divisent en minces plaquettes, dont la surface est couverte de paillettes de muscovite et leur coloration variée (rougeâtre, violacée, jaune ou verdâtre) accentue leur analogie singulière avec les roches qui caractérisent le « vieux Grès rouge » ou le Permien. Facilement déblayés par l'érosion, ils affleurent sur d'immenses surfaces, constituant des entablements en gradins qui limitent les grandes vallées; c'est là qu'ils présentent souvent de nombreuses empreintes mécaniques (ripple marks, etc.) et des traces d'organismes fort divers et remarquablement conservés.

Celles qui se montrent d'abord appartiennent à plusieurs espèces du genre *Spirophyton* qui, dans l'enneri Magan, couvrent des bancs entiers. Au-dessus, vient un niveau remarquablement constant dans tout le Borkou, depuis Faya et le Tibesti, où *Harlania Halli* Göpp. (*Arthrophycus Harlani* Hall) est extrêmement abondant. Dans les mêmes gisements, on trouve diverses formes de *Cruziana* (Bilobites), de *Vexillum* et parmi d'autres empreintes très problématiques, certaines qui sont tout à fait comparables à celles que M. Fritel a décrites du Ouadaï sous le nom de *Glossofungites* [1].

---

[1] Cet auteur et M. Denaeyer ont classé dans le Dévonien, sans preuves suffisantes à mon avis, les couches à *Glossofungites* et *Spirophyton* du Oudaï; par contre je ne m'explique pas les réserves faites sur l'âge silurien des assises à *Harlania* de la même région.

III. La partie supérieure de la série gréseuse peut avoir 150 à 200m; elle comprend des couches plus épaisses et massives que les précédentes, formées de roches dures, à grain siliceux, souvent très fin et cimenté par la limonite. Des lits de gravier ou des conglomérats s'y intercalent encore. Les bancs, coupés par de longues diaclases, paraissent verticaux et à la base des escarpements curieusement dentelés et guillochés, les fissures s'élargissent pour donner de véritables grottes. La patine habituelle est rousse; elle peut devenir très foncée, presque noire et vernissée. Les empreintes d'*Harlania* sont assez communes à ce niveau, mais en médiocre état de conservation.

Au pied du Koussi, dans la vallée d'Olochi, les grès inférieurs sont fortement plissés et il en est de même en quelques points de la bordure nord du massif; mais, en général, à peu de distance du contact avec les schistes sous-jacents, ils sont très faiblement inclinés, au point de paraître horizontaux et les divers termes de la série sont en parfaite concordance. Par tous ses caractères, la formation présente le facies d'un dépôt de plages, comme on l'admet pour le « grès à Bilobites » du Portugal, le « grès armoricain », le « grès de Medina » des États-Unis, tous terrains dont l'âge est aussi très voisin de celui qui nous occupe. Elle ne diffère en rien des grès qui constituent les plateaux de l'Ennedi et de ceux qui, par les collines d'Afafi et les monts Tummo, rejoignent l'« enceinte tassilienne » de l'Ahaggar. Longtemps considérés comme dévoniens, ces derniers ont été récemment placés dans le Silurien et M. C. Kilian admet qu'on peut les classer en deux masses, séparées par des couches à Graptolites de l'Ordovicien supérieur et de la base du Gothlandien, passant latéralement elles-mêmes à des grès à *Harlania*. On peut généraliser ces données, dont on déduit l'âge du principal niveau fossilifère du Tibesti et celui de la série gréseuse tout entière.

Roches intrusives. — Enfin il convient de noter l'existence, au Tibesti, de roches intrusives inconnues dans les terrains anciens des régions voisines. Le substratum schisteux et cristallin est traversé, non seulement par celles qui forment le cortège habituel des granites et des diorites, mais encore par des dykes d'une série lithologique alcaline remarquable (syénite néphélinique, nordmarkite, monzonite au nord du Kegueur Tedi; berondrite, mafraïte et luscladite entre cette montagne et le Kredaon; camptonite et monchiquite à l'est de Guezenti).

Dans la partie orientale du massif, les grès siluriens sont souvent euxmêmes affectés de cassures marquées par des saillies de roches dures, quartziteuses, ou remplies par des dykes à rapporter à la série alcaline précédente [phonolite (Kredaon, Kemet), tinguaïte porphyrique (Ouri), sölvsbergite (Guezenti)].

L'analyse chimique de toutes ces roches et leur étude minéralogique,

entreprise par M. A. Lacroix, permettront de préciser leur composition et, s'il y a lieu, leurs relations magmatiques avec les séries volcaniques représentées dans le massif.

GÉOLOGIE. — *Sur les lambeaux de recouvrement hercyniens du Vivarais.* Note de M. **André Demay**, présentée par M. L. de Launay.

Le complexe tectonique des Cévennes septentrionales disparaît par suite de la montée axiale et de l'érosion (¹) dans le haut bassin du Doux. Mais un ensemble tectonique analogue, prolongement possible de ce complexe, affleure à l'Ouest dans le lambeau de Saint-André-en-Vivarais et sensiblement au Sud dans les lambeaux de Lamastre, du Pouzat et du Cheylard.

Le *lambeau de Saint-André* comprend des gneiss œillés, puis des gneiss à mica noir et des amphibolites avec du granite à biotite à grain moyen, identiques aux facies analogues du substratum et de la série de Pouyardière, enfin quelques fragments d'une série supérieure de gneiss œillés, comparable à la série du Pilat. Certaines complications de détail et l'existence des deux petits lambeaux de Veillet et de l'Aigue-Neyre résultent de replis assez aigus contemporains de la phase principale ou postérieure. Dans l'ensemble, le cristallophyllien est peu incliné et pourtant souvent laminé. Près de Rochepaule, j'ai observé le substratum d'abord intact, puis laminé, puis franchement mylonitique et en partie granulitisé après l'écrasement, et immédiatement au-dessus, des gneiss œillés, disloqués ou écrasés, noyés à leur base dans la granulite post-tectonique. Des effets dynamiques apparaissent également en plusieurs points près de la base du lambeau sur les bords ouest, est et sud. Près du hameau de Bergeron, j'ai observé un plissotement intense des amphibolites et des gneiss feuilletés à la base de la série moyenne, sans qu'il y ait de mylonites au sens strict, peut-être par suite de recristallisations syn- ou post-tectoniques. Près de Rochepaule, sous cette série, les gneiss œillés sont écrasés et séparés de l'écrasement de base du lambeau par une zone intacte.

Les deux lambeaux de Lamastre comprennent seulement des gneiss œillés et un petit chapeau de gneiss et de granite, qui prolonge peut-être la série de Pouyardière. Le dessin extraordinairement compliqué des contours, qui définit par exemple entre les deux lambeaux un couloir sinueux creusé

(¹) A. Demay, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 575.

jusqu'au substratum et, le long du ruisseau de Saint-Barthélemy, une demi-fenêtre aussi étroite et contournée qu'un fjord, accuse l'allure presque horizontale de la surface de base du lambeau en dehors de quelques parties repliées, et pourtant, sur bien des points, j'ai pu observer près du contact la trace de phénomènes dynamiques intenses. C'est ainsi que le long de la voie ferrée entre Lamastre et La Pras, immédiatement au-dessous des gneiss œillés inférieurs, le granite apparaît d'abord laminé puis franchement mylonitique. *La mylonite est injectée par des filonnets de granulite fine dont le caractère post-tectonique est indiscutable.*

Le lambeau du Pouzat comprend une couronne de gneiss œillés inférieurs, puis des gneiss à mica noir feuilletés ou granitoïdes et même près d'Ebruy du granite, enfin de petits lambeaux de gneiss œillé. Le dessin des contours accuse de manière remarquable l'allure presque horizontale des surfaces de séparation. Les couches sont elles-mêmes souvent peu inclinées. J'ai observé des phénomènes d'écrasement près du contact de base sur les flancs de la cote 894 et par ailleurs seulement des traces de laminage.

Les *trois lambeaux de Brolles*, *du Cheylard et du Serrandon* comprennent des gneiss œillés et le premier en outre un chapeau de gneiss à mica noir et de granite. J'ai observé un laminage intense des gneiss œillés à la pointe nord-est du lambeau du Serrandon et un bel écrasement à la base du lambeau de Brolles près du col de Villebrion.

Sur le bord sud du lambeau de Brolles et dans le substratum, à l'est et au sud du Cheylard, les conditions sont plus complexes ; il semble qu'il y a eu injection, parfois lit par lit, des gneiss par le granite, puis laminage et ensuite recristallisation partielle et peut-être injection nouvelle après la phase tectonique principale. Ces gneiss injectés, migmatites au sens de J. Sederholm, sont plissés, tordus, redressés jusqu'à la verticale. Bien qu'on ne distingue pas ici un changement lithologique brusque, l'allure onduleuse de la surface de base des lambeaux prouve qu'elle coupe les plis aigus du substratum et accuse un décollement et un déplacement tangentiel. Les gneiss à mica noir et le granite du lambeau de Brolles occupent au-dessus des gneiss œillés une position analogue à celle de la série de Pouyardière dans les lambeaux des Cévennes septentrionales. Peut-être sont-ils renversés sur les gneiss, mais il y a passage entre les deux termes. J'ai d'ailleurs signalé une liaison analogue de la nappe de Pouyardière et de la nappe inférieure dans le lambeau du Pyfara.

En résumé, l'étude détaillée confirme pour les lambeaux de gneiss granulitiques du Vivarais l'idée générale de charriage envisagée par P. Termier

et M. G. Friedel (P. Termier et G. Friedel, *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 1003, et *C. R. Soc. Géol. Fr.*, 6 mai 1907). Mais comme dans les autres parties des Cévennes septentrionales, la structure tangentielle est antérieure aux phénomènes de granulitisation et intéresse des séries analogues à celles que j'ai définies plus au Nord, gneiss œillés inférieurs, gneiss et granite de Pouyardière, gneiss œillés du Pilat sans qu'on puisse affirmer avec certitude, surtout pour les lambeaux du Cheylard, que ces éléments prolongent effectivement les unités des Cévennes septentrionales. De même que je l'ai indiqué antérieurement pour celles-ci, les éléments charriés du Vivarais ne peuvent d'ailleurs être considérés comme étrangers lithologiquement par rapport à leur substratum. Enfin, il est important de noter que dans le substratum des lambeaux les plus méridionaux, au lieu d'un passage assez continu du granite aux gneiss, il y a mélange hétérogène avec formation de migmatites. Peut-être faut-il voir là une évolution du métamorphisme dans le sens du mode moins profond qui a joué à l'Est et au Sud de la zone hercynienne des Cévennes septentrionales et qui apparaît déjà clairement dans le synclinal de Sarras en même temps que des conditions tectoniques différentes.

BOTANIQUE. — *Sur le chondriome des Algues vertes*. Note de M. **Chadefaud**, présentée par M. L. Mangin.

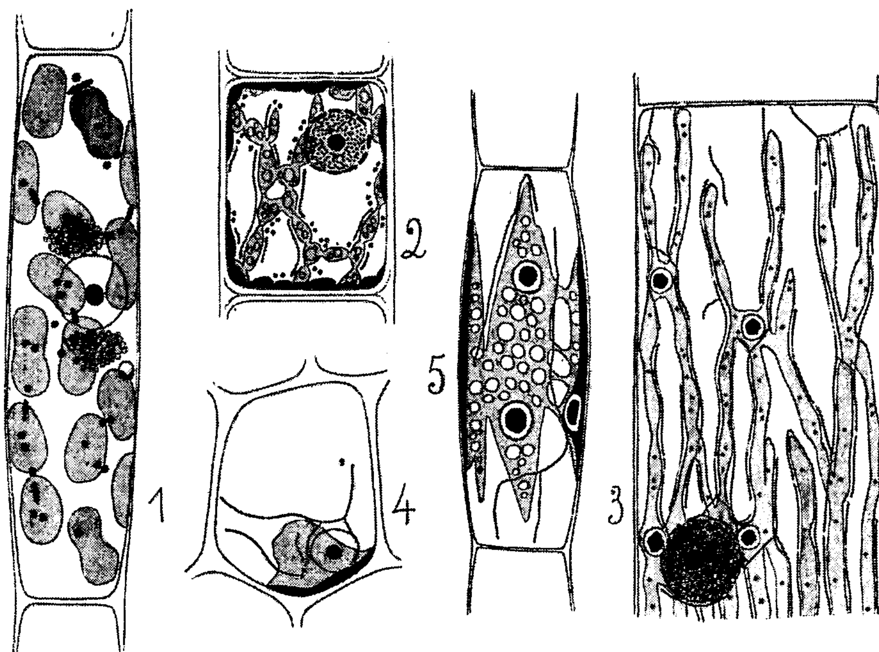
Sauf chez les Conjuguées et quelques Siphonées, le chondriome des Algues vertes est fort peu connu. Cette lacune est d'autant plus remarquable que ces plantes ont des caractères cytologiques originaux : leur plastidome constitue souvent un chromatophore complexe. J'ai essayé de la combler en examinant des Chlorophycées entières, d'abord vivantes, puis traitées par des méthodes dérivées de celle de Regaud.

1° Chez les *Tribonema* (Hétérokontes) où les plastes sont normaux et discoïdes, les chondriosomes sont des grains sphériques ou des bâtonnets très courts, souvent localisés contre la face interne des plastes (*fig.* 1). La cellule renferme en outre des physodes, des globules lipidiques, etc.

2° Chez les *Microspora* (Isokontes formant un groupe spécial) les plastes sont aussi des disques, mais largement réunis en rubans anastomosés en réseau. Les chondriosomes, très ténus, sont alignés le long des bords de ce chromatophore. On trouve à la fois des groupes sphériques, géminés ou non, et des chondriocontes typiques, souvent très longs. En outre le noyau

est entouré d'un cercle de corpuscules réfringents et sidérophiles énigmatiques (*fig.* 2).

3° Chez *Œdogonium nodulosum* (Isokonte-Stéphanoconte), espèce de grande taille facile à étudier (*fig.* 3), le chromatophore est formé de rubans longitudinaux anastomosés en réseau et contient, en plus des pyrénoïdes, de nombreuses sphérules fortement sidérophiles, dont la nature m'échappe. Les chondriosomes sont des chondriocontes filamenteux, souvent très longs



et plus ou moins ramifiés. Dans certains cas, ces chondriocontes sont bien séparés les uns des autres, et typiques. Mais en général, ils s'alignent le long des bords du chromatophore, s'unissent entre eux et s'anastomosent plus ou moins complètement de façon à constituer un réseau mitochondrial, qui accompagne et double curieusement celui que forme le plastidome. Dans tous les cas, le chondriome conserve sa mobilité.

On peut observer un chondriome analogue chez d'autres *Œdogonium*, non seulement dans les cellules végétatives, mais aussi dans les oogones et dans les zoospores en germination, dans la mesure où le chromatophore ne le masque pas complètement.

4° Chez les Isokontes typiques : *Enteromorpha* (*fig.* 4), *Ulva*, *Stigeoclonium* (*fig.* 5), *Chætophora*, on retrouve de même un chondriome très fila-

menteux, plus ou moins ramifié et réticulé, d'allure par conséquent, assez spéciale. Les filaments décrits depuis longtemps par Schmidt dans les cellules des *Draparnaldia* représentent sans doute un chondriome du même type.

J'ai présenté les résultats de mes recherches dans un ordre qui n'a aucune valeur phylogénétique, mais qui est celui d'un accroissement de complexité du plastidome : 1° *Tribonema*, 2° *Microspora*, 3° *Œdogonium* et Isokontes typiques. Cela permet de remarquer que cet ordre est aussi celui d'un accroissement de complexité pour le chondriome. Il semble donc y avoir un certain parallélisme morphologique entre plastidome et chondriome. En particulier, le chondriome des Isokontes a, comme leur plastidome, une allure originale. Je rappelle à ce propos que, d'après Guilliermond et ses élèves, on observe, dans les méristèmes de diverses plantes supérieures, un parallélisme entre l'évolution ontogénique des plastes et celle des chondriosomes inactifs.

On notera d'autre part que les éléments du chondriome ont une tendance à se placer contre ceux du plastidome, et à s'orienter parallèlement à ceux-ci : l'exemple des *Œdogonium* est particulièrement remarquable. Il n'y a pas là un simple effet d'attraction du chondriome par le plastidome, car ce parallélisme d'orientation persiste, chez les Œdogones, dans des parties de la cellule où le chondriome existe seul. C'est donc la polarisation générale du corps cellulaire et la disposition du cytoplasme fondamental qui règlent la place et l'orientation du plastidome et du chondriome dans la cellule.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Observations sur le* Sorbus torminalis *Crantz*. Note de Mlle **Lucienne George**, présentée par M. L. Blaringhem.

Les rameaux longs et les rameaux courts de cet arbre *silicicole* ont la même structure, sauf que les sacs à tanin sont plus abondants dans les rameaux longs.

Tige jeune. — Des coupes effectuées au milieu du dernier entre-nœud de nombreux exemplaires de provenances différentes montrent les caractères *phylétiques* suivants :

Le liège se forme de très bonne heure au niveau de l'épiderme de sorte que la paroi externe des cellules épidermiques ne tarde pas à s'exfolier. L'hypoderme, collenchymateux, tannifère, recouvre une zone parenchymateuse dont certains éléments contiennent un oursin d'oxalate de calcium,

d'autres du tanin [1]. Les plus internes, orientées différemment représentent un endoderme entourant extérieurement une vingtaine de faisceaux de fibres péricycliques plus ou moins lignifiées. Le phloème jeune comprend des tubes criblés avec cellules annexes, du parenchyme libérien, des rayons médullaires en général bisériés et riches en tanins, des cellules pierreuses allongées en bâtonnets. *Les cellules pierreuses et parfois les tubes criblés sont accompagnés de fibres cloisonnées (stegmates) provenant de la division transversale de cellules fusiformes et dont chaque loge renferme un gros cristal d'oxalate.* Le bois contient de gros vaisseaux rayés et spiralés, du parenchyme ligneux, des fibres passant à des trachéides, et, *comme d'ailleurs chez toutes les Pomacées, des trachéides à ponctuations aréolées;* les aréoles sont arrondies, ovales, mais le plus souvent en forme de fentes très fines, obliques par rapport aux parois, et disposées sur plusieurs spirales obliques. Les rayons médullaires, unisériés ou bisériés, sont formés d'éléments perforés, tannifères; par endroits ces cellules se divisent formant des *hypertrophies locales des rayons.* Le protoxylème est entouré d'éléments tannifères, puis viennent de grosses cellules à parois épaisses, canaliculées, vivantes, remplies de tanin ou d'amidon; quelques cellules semblables à celles-ci se trouvent réparties parmi les éléments morts, à parois minces, de la moelle, dont quelques-uns contiennent un oursin. La *moelle est nettement hétérogène;* aux nœuds, les cellules vivantes sont plus nombreuses.

Tige âgée. — L'écorce s'exfolie par suite de la formation de phellogènes plus ou moins profonds. Les cellules pierreuses du liber deviennent beaucoup plus nombreuses, groupées en amas de 5 à 10. Ces scléréides de nouvelle formation ont des parois lignifiées, fortement canaliculées, et *prennent naissance dans des espaces formés par écartement d'éléments libériens.* Le bois devient de plus en plus riche en tanins.

Pétiole. — L'hypoderme continu, collenchymateux, tannifère recouvre un parenchyme irrégulier avec quelques éléments cristalligènes à oursin et quelques sacs à tanin. Il renferme à sa base trois faisceaux libéro-ligneux dont le liber est coiffé d'une gaine scléreuse mince et irrégulière; ces faisceaux se réunissent bientôt en un arc détachant latéralement un ou deux petits faisceaux, mais la *coupe caractéristique*, effectuée à l'extrémité distale du pétiole, au point où commence le limbe, présente toujours *un arc scléro-*

---

[1] Les tanins, beaucoup plus abondants dans les rameaux ensoleillés, sont accompagnés d'une *substance d'adsorption à aspect de gel, coloré vivement par le bleu coton;* la vacuole qui les contient est entourée d'une mince couche cytoplasmique.

libéro-ligneux en U *avec, au sommet de chacune de ses deux branches, un petit faisceau.* Le protoxylème est entouré de parenchyme cellulosique; le parenchyme homogène médullaire contient quelques oursins, ainsi que le parenchyme irrégulier sous-hypodermique.

Limbe [1]. — Il y a deux assises de parenchyme palissadique et deux de parenchyme lacuneux. Au niveau de la nervure, le parenchyme dorsal est revêtu par deux à cinq assises collenchymateuses tannifères. Sur la face ventrale, les palissades sont interrompues par un îlot collenchymateux à tanin. Le faisceau libéro-ligneux est entouré d'une gaine complète sclérenchymateuse péricyclique et d'un endoderme régulier. Les nervures d'ordre inférieur sont réduites à quelques *vaisseaux ligneux* et quelques tubes criblés accompagnés de stegmates. L'épiderme supérieur seul renferme des stomates, accompagnés de cinq cellules annexes.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Les places dépourvues de végétation dans le Sahara et leur cause sous le rapport de l'écologie végétale.* Note de M. **Aug. Chevalier**, présentée par M. L. Mangin.

On a défini la végétation des déserts et en particulier celle du Sahara comme une steppe très dégradée, parsemée d'immenses clairières sur lesquelles ne croît, pendant de longues périodes et parfois indéfiniment, aucune espèce végétale. Au centre du Sahara on n'aperçoit, souvent sur des dizaines ou même des centaines de kilomètres (Tanezrouft), aucune trace de plantes et cet aspect n'est pas saisonnier. Sur ces espaces, c'est exclusivement la surface du terrain (il n'existe pas de *sol* dans le Sahara au sens pédologique du mot) qui donne au paysage sa physionomie propre.

Nous avons recherché qu'elle pouvait être l'origine de ces espaces entièrement dénudés. Contrairement à ce que l'on pourrait croire, cet abiotisme ne paraît pas tenir à l'extrême sécheresse. Certaines espèces sont remarquablement adaptées au xérothermisme : elles peuvent se passer de pluie pendant très longtemps, se contentant pour végéter et grainer des rosées de la période hivernale. Cependant nous avons rencontré dans le sud du Touat-Gourara, où il n'a pour ainsi dire pas plu depuis quatre ans, des places où les arbustes les plus résistants à la sécheresse (*Zygophyllum Ceslini*, diverses

(1) Les coupes sont effectuées au niveau du tiers proximal de la troisième nervure latérale.

Salsolacées) ont succombé et leurs cadavres désséchés restent fixés au reg.

Mais c'est à des causes édaphiques plutôt qu'à des causes climatiques qu'il faut attribuer surtout l'abiotisme des places libres du désert. En premier lieu, il faut mentionner les dunes mobiles, qui non seulement ne portent aucune végétation, mais qui en se déplaçant ensevelissent parfois sous un épais manteau de sable des plantes qui ne tardent pas à succomber, à moins que leur extrémité feuillée émerge. Les petits monticules de sable qui se fixent fréquemment autour des plantes vivaces dans le reg ou l'erg fixé sont utiles à leur végétation en ce sens qu'ils les font buissonner et que ces monticules accroissent en hiver les condensations occultes de vapeur d'eau si utiles à la végétation désertique.

Les *sebkras* (dépressions occupées par des terres salées peu consistantes) constituent fréquemment aussi des places abiotiques très étendues. Bien que le désert héberge de nombreuses plantes halophiles, il en est qui ne peuvent supporter la faible salure du bord des *sebkras* et aucune ne vit à leur surface. Les salicornes sont les plantes qui s'en approchent le plus près et qui leur forment une ceinture, mais elles ne depassent pas vers le Sud la latitude de Ouargla (32° de lat. N.).

Enfin l'homme et le chameau sont les principales causes du dépeuplement végétal progressif du Sahara, dépeuplement certain, les oasis mises à part. Le Sahara est incontestablement un pays dévasté par l'homme. Pour se chauffer l'hiver et cuire les aliments en toute saison, le sédentaire comme le nomade arrachent tout ce qu'ils trouvent de ligneux et notamment le Belbel (*Suaeda tetragona*) dont les vieilles souches constituent un combustible de choix. Il faut aller chercher aujourd'hui cette plante à 30 et parfois 50^{km} au moins de chaque oasis.

Quant au chameau, il broute presque toutes les plantes ligneuses, il mange les plantes annuelles (*Acheb*) souvent avant qu'elles aient grainé. Il est très rare de rencontrer un pâturage saharien (c'est le nom donné à tout peuplement végétal au désert) qui n'ait été brouté au moins une fois par an; et, près des Ksours, les moutons se chargent aussi de tondre au ras du sol toute plante spontanée.

En résumé, le désert nord africain a sa végétation fortement dégradée, non seulement par les conditions climatiques et surtout édaphiques de plus en plus défavorables, mais aussi par l'action dévastatrice de l'homme et des animaux domestiques. Cette action s'exerce sans doute depuis de nombreux millénaires, et elle a contribué pour une large part à la régression du tapis végétal de ce pays qui ira en s'appauvrissant encore si l'homme n'inter-

vient pas ponr endiguer cette destruction en aidant certaines espèces indigènes à se régénérer et en tentant l'acclimatement d'autres espèces déserticoles. Avant d'entreprendre un programme d'action, des expériences préalables permettant d'orienter les travaux seront à faire.

MORPHOLOGIE. — *L'influence de la grandeur du corps sur la morphologie dentaire chez les Mammifères.* Note de M. **Friant**, présentée par M. L. Joubin.

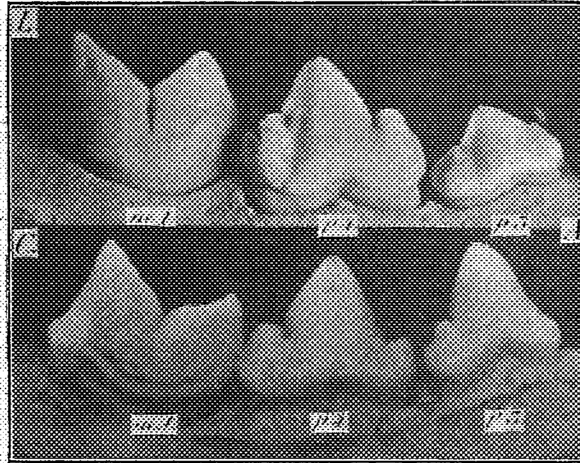
Quand on examine des couples d'animaux semblables de forme, mais différents de taille, comme par exemple le Chat et le Lion, une petite Antilope telle qu'un Céphalophe et une grande Antilope telle que l'Oryx, un Hippopotame de Libéria et un Hippopotame vulgaire, on observe que la forme des dents varie avec la grandeur du corps et que les dents jugales (prémolaires et molaires) en particulier sont beaucoup plus compliquées chez les animaux de grande taille que chez ceux de petite taille.

Cette observation doit être rapprochée d'un certain nombre de faits déjà connus se rattachant à la similitude en géométrie. C'est ainsi que Baillarger a signalé la gyrencéphalie extrême des Mammifères de grande taille et la lissencéphalie des Mammifères de petite taille et que M. R. Anthony a montré aussi que les reins des Mammifères vivant dans des conditions qui impliquent la lobulation rénale sont beaucoup plus divisés chez les grands animaux que chez les petits.

Si l'on compare la série dentaire inférieure P_3, P_4, M_1, de deux Carnassiers très voisins et semblables de forme, mais de taille très différente, on observe que, chez le plus petit, la cuspide principale de chacune de ces dents est plus élevée et plus étroite, les cuspides accessoires, antérieure et postérieure, tendant à s'effacer (voir, par exemple, la cuspide accessoire antérieure de P_3 qui a complètement disparu) et à se simplifier (voir la cuspide accessoire postérieure de P_4, bifide chez le Lion et simple chez le Chat); les trois cuspides tendent, de plus, à se placer sur une même ligne droite mésio-distale.

Cet exemple montre nettement la simplification des dents jugales quand on passe d'un grand animal à un autre de même forme, mais de taille inférieure; il montre en outre que, dans le cas particulier des Carnassiers, cette simplification se poursuit dans un sens déterminé tendant à réaliser des dents de type triconodonte ou tricuspide.

Cette dernière remarque a une très grande importance quant à l'appréciation de la théorie dite de la Trituberculie, d'après laquelle, comme l'on sait, les dents jugales de tous les Mammifères proviendraient d'un type tricuspide, c'est-à-dire formé de trois pointes dont une médiane très grande et deux, antérieure et postérieure, plus petites. Les fondateurs et les partisans



Série des prémolaires et molaires du maxillaire inférieur droit, face externe. A. Partie antérieure.
En haut : L. Lion (*Felis leo* L.) GN.
En bas : C. Chat (*Felis domestica* Briss.) GN × 3,5 (ramené à la taille du Lion).
P_2, première prémolaire; P_4, deuxième prémolaire; M_1, première molaire.

de cette théorie, à peu près universellement admise par les paléontologistes, s'appuient sur cette notion fondamentale que le type tricuspide est celui de formes les plus anciennes (Mammifères triasiques).

Or, si l'on dresse la liste de toutes les formes à dents triconodontes, aussi bien fossiles qu'actuelles, on observe qu'une telle disposition des cuspides et une telle morphologie d'ensemble ou bien résultent d'une régression adaptative comme chez les Pinnipèdes, carnivores adaptés à la vie marine, ou bien sont en rapport avec une taille somatique très réduite : le *Dromatherium*, l'*Amphilestes*, le *Triconodon*, souvent choisis comme exemples, n'atteignaient pas le volume d'un Hérisson.

La forme triconodonte ne serait donc pas le type ancestral des dents jugales mammaliennes; elle constituerait un caractère phénotypique et non un caractère génotypique, comme on l'admettait jusqu'ici.

PHYSIOLOGIE. — *Le coefficient hydrothermique chez les homéothermes.* Note de M. Jules Amar, présentée par M. A. d'Arsonval.

1. La chaleur qui se développe dans les organismes à température constante réalise un *régime régulier*, c'est-à-dire que, pour maintenir l'homéothermie à travers toutes les variations d'ordre externe (milieu atmosphérique, travail musculaire), elle agit sur les mécanismes déperditeurs telles que la sudation et la transpiration pulmonaire.

En général, si Q est la quantité totale d'énergie résultant des combustions cellulaires, il s'en perd une certaine portion par rayonnement et convection à la surface du corps, soit R, et R dépend de la grandeur de cette surface. Cela en l'absence de tout travail extérieur des muscles; mais si celui-ci intervient, il prélèvera une portion T (en calories). On aura donc :

$$\textit{Au repos :}\ Q - R;\quad \textit{au travail :}\ Q' - R - T.$$

L'excès restant doit être dissipé, sans quoi la température du corps s'élèverait au détriment de la vie. Alors cet excès même provoque le jeu des glandes sudoripares, tandis que la ventilation respiratoire accrue par la contraction des muscles emporte plus de chaleur interne. Cette *régulation physique* (Rubner) obéit, comme on sait, à des centres nerveux médullaires, principalement dans le Bulbe.

Soit V la quantité de chaleur vaporisée sur la peau et les poumons (exprimée en calories); elle est, remarquons-le bien, liée à l'excès restant, soit à Q — R, soit à Q' — R — T. Et elle en est une fraction K que nous appellerons *coefficient hydrothermique*. On a donc :

$$\textit{Au repos :}\ K = \frac{V}{Q - R}.$$

$$\textit{Au travail :}\ K' = \frac{V'}{Q' - R - T}.$$

On a donné des valeurs très variables de ce coefficient, tantôt en l'exprimant en fonction de l'énergie totale Q ou Q' (ce qui est faux), tantôt en le rapportant au poids d'oxygène consommé, ce qui est équivalent. Les conclusions sont d'une telle absurdité qu'il n'y a pas lieu de s'y arrêter ([1]).

2. *Vérifications.* — Nous ferons quelques applications des formules ci-dessus aux expériences américaines d'Awater et Benedict. Le milieu

([1]) Voir par exemple Nichita et Mayer, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 869.

était à 20° et l'eau totale vaporisée recueillie et mesurée toutes les 2 heures. Toutefois nous considérerons des périodes de 6 *heures* au moins pour éviter l'erreur relative trop grande quand il s'agit de l'eau vaporisée durant le travail.

Et d'abord, calculons R pour un homme de 76^{kg} (cas des dites expériences). D'après nos déterminations ([1]), $R = 1646^{cal}$ en 24 heures. D'après les expériences américaines que nous avions analysées (*loc. cit.*, p. 216 et suiv.), on eut :

Au repos : $Q = 2397^{cal}$, $V = 522^{cal}$
Au travail : $Q' = 5176^{cal}$, $V = 1952^{cal}$ et $\mathfrak{T} = 604^{cal}$.

Si le coefficient hydrothermique était constant, nous aurions $K = K'$, ou bien

$$\frac{522}{2397 - R} = \frac{1952}{5176 - R - 604}.$$

D'où l'on déduit

$$R = 1600^{cal} \quad \text{et} \quad K = K' = 0,65.$$

Le coefficient hydrothermique est une constante, et représente environ les deux tiers de la chaleur inutile ([2]).

Mentionnons encore des expériences de travail portant sur 6 heures de temps, où $R = 400^{cal}$ par conséquent, en moyenne, nous trouvons (*loc. cit.*) :

Q'.	R.	$\mathfrak{T}$.	V'.	K'.
$1895^{cal},3$	400^{cal}	291^{cal}	$738^{cal},5$	0,62
$1994^{cal},5$	400^{cal}	$312^{cal},8$	$803^{cal},2$	0,63

Dans une expérience de 16 heures de travail, particulièrement dure et où les mesures ont pu manquer de rigueur, l'on obtient néanmoins

$$K' = \frac{V'}{Q' - R - \mathfrak{T}} \quad \text{ou} \quad \frac{4370}{9314 - 1600 - 1482} = 0,70.$$

La moyenne générale du coefficient hydrothermique est donc 0,66 ou $\frac{2}{3}$ de la chaleur inutile, tant au repos qu'au travail, cela chez les homéothermes. Il est superflu de remarquer que la constance de ce facteur biologique est une preuve de plus de l'action d'un centre nerveux régulateur, d'un *centre hydrothermique*.

([1]) JULES AMAR, *Le Moteur humain*, p. 332 (Dunod, 1923).
([2]) Nous voulons dire non employée au travail ni au rayonnement.

PHARMACODYNAMIE. — *Action de la spartéine sur l'inversion par l'yohimbine des effets vasoconstricteurs de l'adrénaline.* Note de M. **René Hazard**, présentée par M. A. Desgrez.

L'action favorisante que la spartéine exerce sur les effets hypertenseurs de l'adrénaline ([1]) est-elle suffisante pour lever la paralysie portée par l'yohimbine sur les vasoconstricteurs ?

On opère chez le chien anesthésié au chloralose, vagotomisé et soumis à la respiration artificielle. L'animal reçoit d'abord une quantité d'yohimbine suffisante (en général $0^g,002$ à $0^g,004$ par kilogramme par la voie intraveineuse) pour que l'adrénaline manifeste une action nettement hypotensive, tandis que le rein suit passivement les variations de la pression carotidienne ([2]). On injecte alors de la spartéine et observe l'action d'une même dose d'adrénaline sur la pression et sur le rein.

Parfois une dose de $0^g,02$ de sulfate de spartéine par kilogramme (voie intraveineuse) suffit pour que l'adrénaline exerce non plus une action hypotensive, mais un effet hypertenseur.

Parfois il faut répéter les injections de spartéine pour voir cesser progressivement l'hypotension adrénalinique et constater qu'il s'y substitue ensuite peu à peu (*fig.* 1 à 7), une légère action hypertensive. Dans certains cas il est donné d'observer (*fig.* 6 et 7) le retour partiel de la vasoconstriction rénale ([3]).

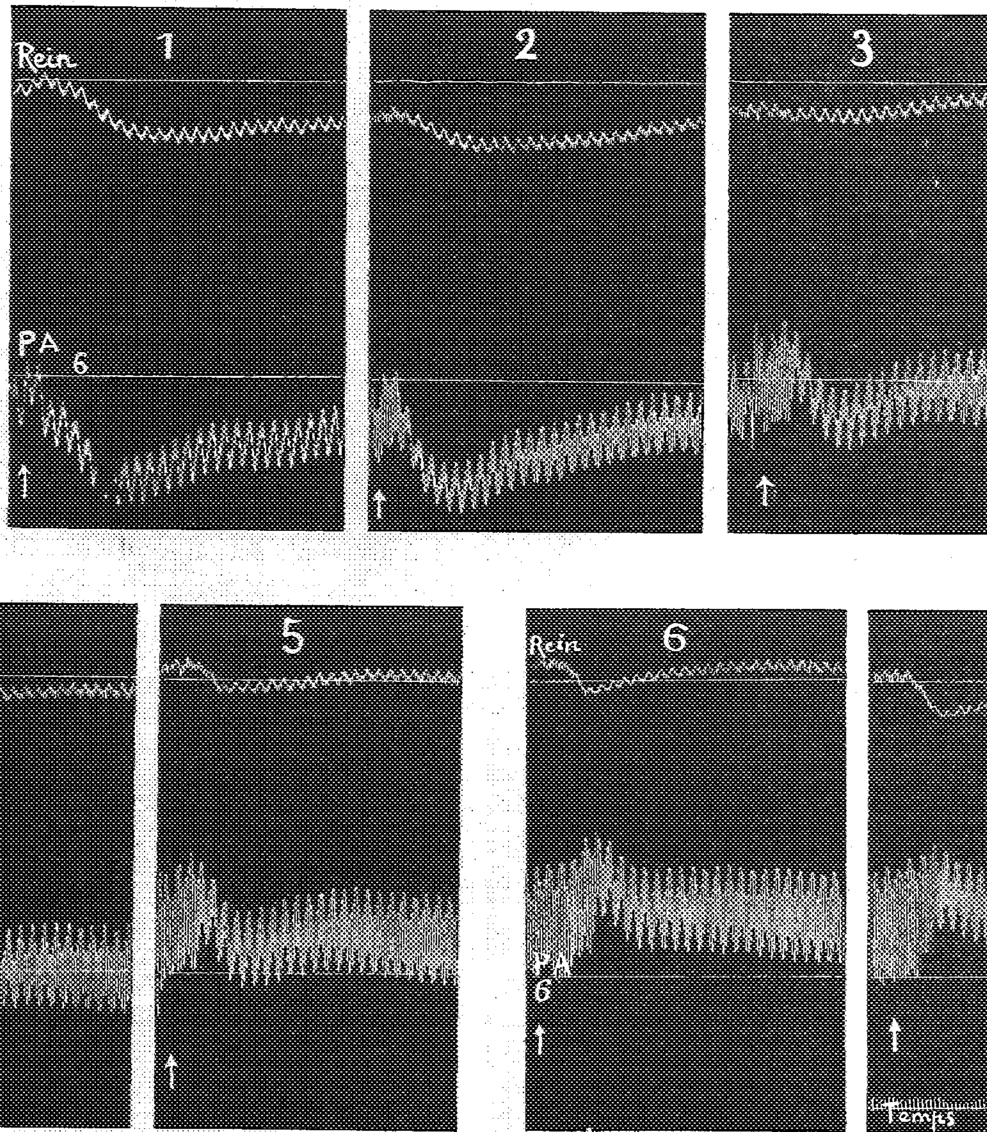
Les effets vasoconstricteurs de l'adrénaline rétablis par la spartéine

---

([1]) R. Hazard, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 130.

([2]) R. Hamet, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 2074, et 182, 1926, p. 170.

([3]) La spartéine peut de même neutraliser partiellement les effets de l'yohimbine lorsqu'on l'injecte avant celle-ci : déjà avec les doses relativement faibles de spartéine ($0^g,02$ à $0^g,04$) l'hypotension adrénalinique ne s'observe, en général, qu'avec des doses d'yohimbine supérieures à celles dont on peut penser qu'elles auraient été normalement suffisantes. Chez l'animal soumis, après yohimbine, à des doses fortes de spartéine, des doses même considérables d'yohimbine ne peuvent plus ramener l'effet hypotenseur adrénalinique. Il y aurait donc entre les deux alcaloïdes un antagonisme partiel réciproque mais les variations observées dans les doses nécessaires pour faire prédominer l'action de l'un par rapport à l'autre ne semblent pas permettre d'évaluer les rapports quantitatifs de leur activité.



Diminution progressive, par des doses croissantes de spartéine, chez le chien d'abord soumis à l'action de l'yohimbine, de l'hypotension adrénalinique; apparition progressive de faibles effets vasoconstricteurs.

Chien ♂ 5^{kg} chloralosé. Vagotomie double. Respiration artificielle. *Rein* = tracé oncographique du rein. *PA* = pression carotidienne avec repère à 6^{cm} Hg. Temps en secondes (grandeur naturelle). Toutes les courbes enregistrées sont produites par l'injection intraveineuse de 2/100 de mg de chl. d'adrénaline (en ↑) en tout, faite d'abord en 1 après $0^{g},002$ par kg de chl. d'yohimhine (Houdé) puis de 2 à 7, après des injections intraveineuses successives de sulfate de spartéine; 2, après $0^{g},02$; 3, après $0^{g},04$; 4, après $0^{g},06$; 5, après $0^{g},08$; 6, après $0^{g},10$; 7, après $0^{g},14$ au total de sulfate de spartéine par kg. Malgré l'augmentation de la dose de spartéine, l'effet vasoconstricteur n'est pas sensiblement plus net en 6 qu'en 7.

restent toujours faibles, quelle que soit la dose de spartéine injectée (*fig.* 6 et 7), la hauteur de la courbe de l'hypertension enregistrée ne dépassant guère le dixième de celle que l'on observait à l'état normal.

Chez le chien traité par l'yohimbine, la spartéine elle-même tend, à chaque injection, à relever la pression artérielle abaissée par l'yohimbine, la ramenant ainsi au voisinage et même au-dessus de la normale. Ce maximum une fois atteint, les doses plus fortes de spartéine tendent, au contraire, à abaisser lentement la pression.

A l'effet hypertenseur paradoxal de la spartéine [1] s'ajoute une augmentation cousidérable de la tolérance de l'organisme à l'action de cet alcaloïde. On a pu injecter à certains animaux jusqu'à $0^g,25$ et $0^g,35$ de sulfate de spartéine, par kilogramme, sans observer la mort.

L'yohimbine semble empêcher la spartéine de sensibiliser le cœur à l'action toxique de l'adrénaline : on n'a jamais observé, au cours de ces expériences, la syncope adrénalinospartéinique [2].

La spartéine empêche donc l'yohimbine d'inverser l'action hypertensive normale de l'adrénaline. Mais elle ne supprime pas seulement l'effet hypotenseur de l'adrénaline : levant partiellement la paralysie portée par l'yohimbine sur les vasoconstricteurs, elle permet même à l'adrénaline d'exercer un faible effet hypertenseur et vasoconstricteur.

BIOÉNERGÉTIQUE. — *Courbes de la déperdition et du métabolisme, en fonction de la température extérieure, chez l'homéotherme au repos.* Note [3] de MM. A. AUGUET et J. LEFÈVRE, présentée par M. A. d'Arsonval.

On sait par les recherches de l'un de nous [4] comment se comporte la variable thermogénétique. Par contre obscurités et contradictions règnent *sur la situation exacte de la neutralité, sur la marche et la forme des courbes du métabolisme et de la variable thermolytique, à cette neutralité et dans la zone de chaud.*

---

(1) La spartéine, aux doses utilisées, se montre, en effet toujours à l'état normal, hypotensive (F. et L.-J. MERCIER, *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1925, p. 338 et 412).

(2) F. MERCIER, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1162.

(3) Séance du 18 janvier 1932.

(4) JULES LEFÈVRE, *Chaleur animale et Bioénergétique* (Paris, Masson, 1911), et le Tome 8 du *Traité de Physiologie normale et pathologique* (Masson, 1929).

I. Principes. — *Lois physiologiques de la transmission calorique.* — Il s'agit de lois classiques qui, *a priori*, éclairent notre étude et dictent les expériences à faire.

1° Chez les animaux qui transpirent, le jeu de la variable thermolytique au chaud détermine une production de sueur croissante et surabondante, dont *la moindre convection exagère l'évaporation;*

2° Chez tous les homéothermes, la conductibilité de la peau est *deux fois plus élevée ou chaud qu'au froid;*

3° Son coefficient de transmission superficielle, indépendant de la température externe, *grandit rapidement avec la convection;*

4° Son coefficient d'admission de la chaleur interne, *grandit rapidement au froid* (¹).

Ces lois tracent déjà la forme générale de la déperdition sensible. En effet, à partir de 37° ou de 37°,5, elle doit s'élever rapidement (2e loi) en ligne droite (ligne pointillée *ab* de la figure), puis se coucher à mesure que la conductibilité de la peau diminue, pour se relever de nouveau au froid (4e loi). Bref, au milieu, entre 20° et 25°, une région d'inflexion séparant les deux courbures inverses du froid et du chaud : telles sont les prévisions. L'expérience va les vérifier.

II. Méthode expérimentale et résultats. — La troisième loi nous apprend que, sous légère convection, les moindres variations de la transmission, fortement accentuées apparaîtront, et la première loi que par cette convection la variable thermolytique sera augmentée. Ces conditions sont précisément celles de notre chambre calorimétrique, appareil compensateur à légers (²) et multiples courants d'air, séparant les chaleurs sensible et la tente, fonctionnant à toutes températures, et qui devient ainsi l'instrument approprié à ces recherches.

Mais il importe que le sujet ait, avant et pendant les mésures, un code d'existence et une tenue invariables. *Le sujet idéal est donc l'homme.* Une brebis très douce nous a toutefois donné de bons résultats. Les courbes cotées de la figure synthétisent ceux de l'homme.

3° Examen critique et conclusions. — La courbe à inflexion de la *sensible* est bien telle que prévue. Celle de la *latente*, détachée de sa base au moment

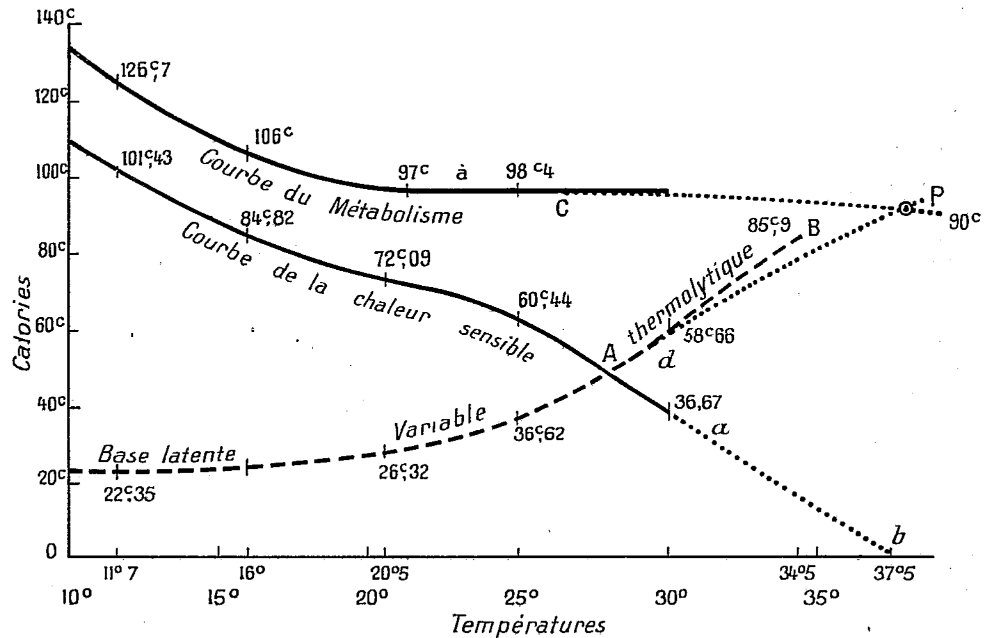
---

(¹) J. Lefèvre, *loc. cit.*

(²) Les grands courants, trop réfrigérants, comme les bains, tiennent le sujet dans la zone de froid et ne permettent plus l'analyse de la zone de chaud.

de l'inflexion de la sensible, symétrique de celle-ci, gagnant ainsi tout ce que la sensible perd, maintient leur somme à 97^c, et finit elle-même sa course suivant la ligne droite AB.

La courbe du métabolisme, accélérée au froid comme la sensible, se pose, à partir de 22°, sur le plateau de 97 a 98^c.



Mais nous savons que la convection légère exagère de plus en plus au chaud les cotes de la latente. Dans le simple rayonnement, cette dernière suit donc la ligne pointillée plus basse *d*P et devient, elle aussi, une courbe à inflexion. Quant au métabolisme qui dans le rayonnement n'est plus maintenu au plateau de 97 à 98^c, puisque l'excitation réfrigérante de la convection au chaud y disparaît, il s'infléchit lui-mêmc selon le pointillé *c*P pour couper la latente au point P (cote voisine de 90^c), à la température du corps. Il convient de noter que *toutes ces inflexions sont directement données par l'expérience, chez la brebis qui ne transpire pas.*

En conclusion, la courbe du métabolisme n'a qu'un *plateau d'iuflexion*, qui n'est *ni une base*, *ni un minimum*, et dont on peut mesurer la valeur physiologique dans une marge de quelques degrés, au-dessus du *point de*

neutralité (22°) (1), point marqué à la fois par l'inflexion de la sensible et le départ de la variable thermolytique.

HISTOCHIMIE. — *Utilisation de la spectrographie de raies en histochimie (histospectrographie).* Note de MM. **A. Policard** et **A. Morel**, présentée par M. F. Mesnil.

Un des problèmes essentiels de l'histochimie réside dans la caractérisation des éléments chimiques présents dans les divers points d'une cellule ou d'un tissu. Il serait très utile, au point de vue de la Biologie générale, de pouvoir, par exemple, déceler dans un noyau, ou un organe cellulaire, ou une fibre, etc., la présence de K, Ca, Mg, Fe, Si, etc., et, au point de vue de la pharmacologie expérimentale, celle du Pb, du As, etc. Aucune méthode microchimique ne le permet actuellement, en raison d'une insuffisante sensibilité et de l'impossibilité d'une localisation histologique précise de la réaction.

Nous avons tenté d'approcher de la solution du problème en utilisant la spectrographie de raies. Par extension de la méthode de microincinération de l'un de nous, nous avons tout d'abord recherché les spectres d'émission obtenus avec des solutions faites à partir des cendres de points convenablement choisis dans des coupes (2). Ce procédé, précieux à certains points de vue, présente l'inconvénient d'exiger une microdissection délicate et de ne pas permettre une localisation histologique très précise. Nous avons donc été conduits à utiliser une autre méthode.

Sur un point d'une coupe, bien repéré au microscope, on fait jaillir une étincelle que l'on analyse spectroscopiquement. Indépendamment de nous, une méthode analogue a déjà été utilisée par W. et W. Gerlach (3), qui en

---

(1) Point d'ailleurs variable selon l'espèce, l'individu, la protection par la fourrure ou le vêtement, les conditions du milieu.

(2) Policard, Morel et P. Ravault, *Étude histospectrographique de la localisation du calcium et du magnésium dans l'aorte humaine et de leurs variations au cours de l'athérome* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 201)...

(3) Wa. et We. Gerlach, *Der Elementarnachweis im Gewebe* (*Virchow's Archiv*, 282, 1931, p. 208); Wa. Gerlach et E. Schweitzer, *Spektralanalytische Untersuchungen zur chemischen Mikroanalyse* (*Zeits. f. anorg. u. all. Chemie*, 195, 1931, p. 255).

ont montré l'intérêt. Le procédé exposé ici diffère par plusieurs points de celui de ces auteurs.

La technique comprend les quatre temps suivants :

I. *Préparation de la coupe.* — Les coupes, épaisses de 50 à 100$^{\mu}$ environ, sont faites au microtome à congélation ou à main levée, étalées sur une lame métallique (platine) et laissées à l'air libre jusqu'à demi-dessiccation. Ces coupes seront examinées au microscope exclusivement en lumière réfléchie.

II. *Mode d'étincelage de la coupe.* — Les étincelles utilisées proviennent d'un de ces petits appareils de haute fréquence couramment utilisés en dermatologie. Sans inconvénients pour l'observateur, elles fournissent de bons spectres d'émission.

Il est possible de tirer des étincelles sur des coupes étalées sur lames de verre; mais ces étincelles sont mobiles et donnent des spectres peu nets. Un des points essentiels de la méthode apportée ici consiste dans la mise à la terre de la coupe, rendue possible par l'étalement sur lames métalliques. Les étincelles obtenues ainsi sont très fixes et donnent d'excellents spectres.

La lame métallique portant la coupe est placée sur la platine d'un microscope. Le point à étinceler est exactement repéré. Sans toucher à la préparation, simplement en tournant le revolver, on remplace alors l'objectif par une aiguille de platine montée sur une pièce en bakélite ou en caoutchouc, fixée au revolver à la place d'un objectif. Cette aiguille a la même hauteur que l'objectif et est reliée à l'appareil de haute fréquence. L'étincelle jaillit ainsi au point microscopiquement repéré. Ce contrôle histologique constitue un point essentiel de la technique.

III. *Obtention du spectre.* — Grâce à une lentille cylindrique en quartz, l'image de l'étincelle est condensée sous forme d'une fine bande sur la fente d'un spectrographe en quartz. Comme le point étincelé est assez rapidement détruit, une pose courte est nécessaire, 15 à 120 secondes environ.

IV. *Étude du spectre.* — Les spectres obtenus présentent des raies visibles à partir de 2300 Å environ (avec plaques non sensibilisées à l'anthracène). Ces raies sont étudiées par comparaison avec des spectres de référence. Il est facile de caractériser les raies des éléments chimiques cherchés. D'une façon générale, les raies ultimes de A. de Gramont sont les plus utilisables.

A titre d'exemples, voici les raies qui se sont montrées les plus significatives pour : Ca, 4226, 3968 et 3933 ; Mg, 2852, 2802 et 2795 ; Si, 2881, 2528 et 2516 ; Pb, 2830, 2630, 2610 et 2470.

Histologiquement parlant, la méthode histospectrographique est, sans

nul doute, encore fort grossière. On ne peut encore l'appliquer à des éléments cellulaires isolés, trop petits, mais seulement à des territoires ayant au moins un demi-millimètre carré environ. Cependant, telle qu'elle est actuellement, elle apparaît comme utile à un double point de vue. Elle permet la détection sûre des éléments chimiques dans les tissus. Elle peut renseigner, au moins approximativement, sur la quantité de ces éléments, soit par appréciation à l'œil nu de l'intensité des raies (ou éventuellement, au spectrophotomètre), soit par l'étude des conditions de l'apparition des raies ultimes.

PARASITOLOGIE. — *Sur un Nématode parasite de Psyllides.* Note de M. **R. Pussard**, présentée par M. P. Marchal.

Au cours de mes recherches sur la faune des *Psyllidæ* de la région lyonnaise, j'ai eu l'occasion d'observer un Nématode appartenant au genre *Mermis* (*sensu lato*) et parasitant plusieurs espèces du genre *Psylla* : le parasitisme d'un tel ver n'a jamais été signalé dans ce groupe d'Hémiptères Homoptères.

Chassant en juillet 1931 dans le massif calcaire de l'Ile Crémieu qui fait suite au Jura méridional sur la rive gauche du Rhône, j'ai pu capturer en grand nombre sur *Alnus glutinosa* Gaertn. les deux espèces *Psylla alni* L. et *Psylla Försteri* Fl., cette dernière toujours notablement plus abondante que la première et sur *Viburnum lantana* L., *Psylla viburni* Lw. qui n'avait pas encore été signalée en France. Ces insectes vivants furent placés dans des tubes avec quelques feuilles de leurs plantes nourricières dont la transpiration produisit une légère condensation d'eau sur la paroi de verre; certaines Psylles au contact de l'eau laissèrent échapper de leur corps, par rupture des téguments, des Nématodes d'un blanc laiteux que je reconnus bientôt être des larves immatures de *Mermis*. En ce qui concerne *Psylla Försteri* près du tiers des individus adultes des deux sexes étaient parasités par un ou plusieurs vers; à la dissection d'un adulte de *Psylla viburni*, j'ai pu observer dans la cavité générale deux larves du Nématode pelotonnées partiellement l'une dans la partie antérieure du thorax, l'autre dans l'abdomen; dans ce dernier cas les larves étaient d'une longueur et d'un diamètre particulièrement faibles.

Il semble que ces larves aient besoin d'un certain degré d'humidité pour

quitter le corps de leur hôte; mais, placées dans l'eau, elles ne tardent pas à périr, étant devenues alors essentiellement terricoles. La taille des larves, au moment où elles vont commencer de mener une vie libre peut varier approximativement du simple au double : ainsi les exemplaires que j'ai examinés avaient une longueur comprise entre 11 et 22^{mm} et un diamètre correspondant compris entre $0^{mm},1$ et $0^{mm},17$.

La présence des larves de *Mermis* ne paraît provoquer ici, comme chez les Orthoptères en particulier, aucune modification importante dans la morphologie externe des divers segments du corps : il en résulte tout au plus, dans les cas extrêmes, une distension générale portant principalement sur les membranes intersegmentaires. A la dissection et sur coupes, on constate que le Nématode détermine chez les femelles la destruction des ovaires et de la plus grande partie du tissu adipeux, ménageant toutefois, dans les cas étudiés, la spermathèque remplie de spermatozoïdes.

Plusieurs chasses effectuées pendant le mois de juillet dans le massif de Crémieu (Isère), sur des terrains calcaires appartenant au bathonien moyen recouvert par places de lambeaux d'alluvions glaciaires, m'ont toutes permis de capturer un grand nombre de Psylles de l'Aune parasitées par les larves de *Mermis* tandis que des expéditions semblables faites à peu de jours d'intervalle sur des terrains cristallophylliens du département du Rhône ne m'ont donné aucun résultat quant au parasitisme de Nématodes *Psylla alni* et *Psylla Försteri* pourtant très abondantes.

Ces faits sont à rapprocher de ceux mis en évidence par M. A. Vandel, en ce qui concerne la répartition des *Mermis* parasites de la Fourmi *Pheidole pallidula* [A. Vandel, *L'influence de la nature du sol sur la répartition des* Mermis *parasites de la Fourmi* Pheidole pallidula (*Bul. Soc. Zool. de Fr.*, 55, III, p. 244)]. Si la teneur en eau d'un sol est un facteur prépondérant pour le développement d'*Alnus glutinosa*, donc des Psyllides ses hôtes habituels, par contre le parasitisme de ces Psyllides par des Nématodes du genre *Mermis* paraît dépendre à la fois d'un certain taux d'humidité et de la nature calcaire du sol, d'où résulterait sa localisation géographique.

BACTÉRIOLOGIE. — *Facteurs de stabilité des suspensions bactériennes chauffées à* 80°C. Note de MM. **Ph. Lasseur, A. Dupaix et M. Grojean**, présentée par M. H. Vincent.

Sous l'action du chauffage à 80°C. un grand nombre de Bactéries perdent, partiellement ou complètement, la faculté d'être agglomérées, floculées ou précipitées par le sérum homologue [Eisenberg et Volk (1902), Joos (1903), Porges (1905), Lasseur (1921), Lasseur et Vernier (1924), Lasseur et Noblat (1928) Lasseur et Dupaix (1929-1930)]. Les plastides microbiennes chauffées fixent néanmoins l'agglutinine et, pour expliquer la stabilisation des suspensions bactériennes soumises à l'action du chauffage à 80°C., Eisenberg et Volk font intervenir l'existence de corps empêchants.

Nous avons montré antérieurement (1921-1924-1929-1930) que l'expérience ne vérifie pas cette hypothèse.

Dans les essais que nous résumons aujourd'hui, nous avons recherché dans quelle mesure le chauffage (à 80°C.) fait varier la tension superficielle, la charge électrique, la viscosité des suspensions bactériennes.

A cet effet, des corps microbiens provenant de cultures (sur gélose de pH = 7) âgées de 40 heures ont été lavés trois fois à l'eau bidistillée et mis en suspension : 1° dans l'eau bidistillée [1]; 2° dans l'eau bidistillée additionnée de NaCl à la concentration de 0g,200 par litre; 3° dans l'eau physiologique.

L'eau physiologique, par son excès d'électrolytes, complique les déterminations de vitesse de transport des Bactéries, ce qui justifie l'emploi des solutions renfermant 0g,200 de NaCl par litre. Ces solutions offrent une richesse en électrolytes suffisante pour provoquer l'agglomération des plastides en présence de sérum homologue.

Nos expériences ont porté sur *B. caryocyaneus*, *B. chlororaphis*, *B. prodigiosus* et *B. balticus*.

Voici les résultats obtenus avec *B. caryocyaneus :*

---

[1] De conductibilité $K = 1,2.10^{-6}$.

Nature des systèmes.	Tension superficielle en dynes-cm à 25° C.	Vitesse de transport en cm-seconde (¹).	Viscosité spécifique à 36° C.	Conductibilité à 25° C.	pH.
Suspension dans l'eau distillée :					
Chauffée........	61,8	$2,1.10^{-4}$	1,050	75.10^{-6}	5,15
Non chauffée.....	75,6	$1,29.10^{-4}$	1,035	39.10^{-6}	4,33
Suspension dans l'eau bidistillée + 0,200 °/₀₀ NaCl :					
Chauffée........	61,5	$2,81.10^{-4}$	1,107	434.10^{-6}	5,27
Non chauffée.....	70,6	$1,87.10^{-4}$	1,035	404.10^{-6}	4,85
Suspension dans l'eau physiologique :					
Chauffée........	56	–	1,142	–	5,46
Non chauffée.....	66	–	1,035	–	4,85

Quel que soit le système considéré, le chauffage à 80° C. détermine une chute importante de la tension superficielle, une augmentation notable de la charge électrique et un léger accroissement de la viscosité spécifique.

Le pH des suspensions augmente par l'action de la température à 80° C., mais il reste dans la zone des pH éminemment favorables à l'agglutination sérique des Bactéries, par conséquent l'accroissement de stabilité des suspensions de *B. caryocyaneus*, chauffées à 80° C., trouve une explication satisfaisante dans les variations de la tension superficielle, de la charge électrique et de la viscosité.

Les suspensions réalisées avec différentes cultures A, B, C, D (mais de même âge) de *B. caryocyaneus* montrent des variations du même ordre. C'est ce qui découle notamment des mesures de tension superficielle faites dans les suspensions en eau bidistillée.

(¹) Sous un gradient de 1 volt par centimètre. La charge des plastides reste négative dans toutes les expériences.

Désignation des cultures.	Tension superficielle des suspensions de *B. caryocyaneus* en eau bidistillée.	
	Suspensions chauffées.	Suspensions non chauffées.
A	60,7	72,1
B	58,8	75,3
C	61,8	75,6
D	62	74,4

Enfin avec *B. chlororaphis*, *B. prodigiosus* et *B. balticus*, on observe des faits analogues à ceux que nous venons de décrire chez *B. caryocyaneus*.

En résumé, la stabilité remarquable des suspensions bactériennes chauffées à 80° C. s'explique, au moins partiellement, par une diminution de la tension superficielle des systèmes dispersés, une augmentation de la charge électrique des plastides et un accroissement de la viscosité des suspensions.

BACTÉRIOLOGIE. — *Action du cuivre métallique sur les germes des eaux d'alimentation.* Note de MM. **Pilod** et **Codvelle**, présentée par M. H. Vincent.

Certains métaux (Ag, Cu, Hg) laissés quelque temps en contact avec l'eau lui confèrent des propriétés germicides durables (pouvoir oligodynamique de Naegeli, 1893). L'épuration de l'eau de boisson par l'argent, proposée dès 1894 par H. Vincent, tentée par Saxl en 1917, a été réalisée récemment par Krause (procédé Katadyn), plus récemment par Dienert et Etrillard et par Lakhowsky.

Nous avons entrepris des études sur le pouvoir germicide du cuivre en vue de son emploi éventuel comme agent d'épuration ou de conservation des eaux d'alimentation. Pour évaluer l'action de différents facteurs sur l'apparition et les variations d'intensité du pouvoir germicide de l'eau activée par le métal, nous avons adopté la technique suivante :

Préparation de l'eau activée. — Deux cents centimètres cubes d'eau bidistillée contenue dans un récipient de verre bouché au coton sont soumis à l'action d'une lamelle de cuivre pur d'une surface totale de 1^{cm^2} et agités une fois par jour. Le métal est enlevé lorsque l'eau, après essai, présente le pouvoir germicide-type ci dessous défini :

Étalonnage de l'activité germicide. — Nous considérons conventionnellement la masse d'eau comme ayant acquis l'« activité-type » lorsqu'un centimètre cube de cette eau est capable de détruire en 24 heures, à 37°, $0^{cm^3},2$ d'une émulsion fraîche de *B. coli* renfermant environ 10 millions de germes par centimètre cube.

Nous avons pu vérifier ou établir les points suivants :

I. *Apparition du pouvoir germicide de l'eau en contact avec le cuivre.* — Dans les conditions précédemment indiquées, à la température ordinaire du laboratoire et à la lumière diffuse, l'activité-type est atteinte en quatre jours.

La température exerce une action très nette sur la rapidité d'activation de l'eau. L'activité-type est atteinte en six jours à la glacière, en quatre jours à 18°, en 72 heures à 37°, en 60 heures à 56°.

La lumière n'a pas montré dans nos expériences d'influence notable.

L'oxygène est indispensable au développement du pouvoir germicide. De l'eau, débarrassée par ébullition prolongée des gaz dissous et mise en présence du cuivre dans un flacon rempli d'azote, bouché hermétiquement, *n'acquiert en* 32 *jours aucune propriété germicide.*

A l'inverse, l'activité de l'eau est plus rapidement obtenue et sensiblement augmentée si l'on fait passer sans interruption de l'oxygène ou de l'air à la surface du fragment de cuivre immergé. Dans ces conditions l'eau atteint en 48 heures l'activité-type.

La présence d'une surface adsorbante (fragment de porcelaine dégourdie de 50^{cm^2}) dans l'eau en expérience retarde de 24 heures l'apparition de l'activité-type.

Si l'on se sert, au lieu d'eau distillée neutre, soit d'eau de canalisation urbaine. soit d'eau distillée additionnée d'un sel à 1 pour 1000 (chlorure de sodium, sulfate de sodium, iodure de sodium) ou de glucose à la même concentration, la rapidité d'activation de l'eau est sensiblement la même.

II. *Persistance du pouvoir germicide de l'eau activée après ablation du métal.* — Lorsque l'eau a acquis en présence du cuivre l'activité-type, on enlève le métal. On observe alors que l'eau activée, changée de récipient, maintenue sans précaution spéciale à la lumière diffuse ou à l'obscurité, à la température du laboratoire, *conserve son activité pendant plus d'un an et demi.*

L'ébullition, le séjour prolongé à la glacière ne diminuent pas les propriétés germicides acquises.

Par contre, le passage rapide de l'eau sur quelques épaisseurs de coton hydrophile ou à travers une couche de sable fin de 5^{cm} de hauteur *suffit à inactiver l'eau*. La filtration sur bougie L3 agit de même.

III. *Pouvoir germicide de l'eau activée sur différents microbes des eaux.* — L'eau activée s'est montrée bactéricide, non seulement pour le *B. coli*, mais encore dans les mêmes conditions d'expérience pour les bacilles du groupe typho-paratyphique, les B. dysentériques, le vibrion cholérique, l'entérocoque. Elle agit de même sur le staphylocoque, les streptocoques. Aucun de ces germes ensemencés dans une grande masse de bouillon, après action de l'eau activée, n'a donné de culture tardive. Il s'agit donc d'un pouvoir germicide et non d'un simple pouvoir empêchant.

Le *B. pyocyanique* s'est toujours montré beaucoup plus résistant. Une émulsion de 100000 germes par centimètre cube n'a pas été nettement influencée après contact de 24 heures à 37° avec de l'eau activée type.

Le pouvoir germicide de l'eau est pratiquement inversement proportionnel à la dilution. L'eau activée type, diluée au cinquième, détruit en 24 heures, à 37°, environ 400000 *B. coli* par centimètre cube. Diluée au dixième, elle n'en détruit que 200 à 250000.

Le nombre de germes détruit varie *suivant le temps de contact avec l'eau activée* : si l'on utilise une émulsion de 5000 *B. coli* par centimètre cube, on constate qu'après 10 minutes, 50 pour 100 des germes demeurent cultivables; après 30 minutes, 25 pour 100; après 60 minutes, 5 pour 100; après 90 minutes, 0 pour 100.

La *température* intervient fortement dans la destruction des germes. Une eau d'activité-type à 37° ne présente plus à une température voisine de 0° qu'un pouvoir germicide mille fois moindre. Reportée à 37°, elle récupère son activité initiale.

Les *cristalloïdes*, tels que le chlorure de sodium, l'iodure de potassium, le glucose à la dilution de 1 pour 1000, n'atténuent pas sensiblement le pouvoir germicide.

L'eau activée additionnée de peptone à 5 pour 100, d'albumine d'œuf à 1 pour 100, de composés organiques complexes (urine humaine neutre au dixième) perd son action germicide.

On peut conclure de ces expériences que le cuivre serait un agent imparfait d'épuration des eaux d'alimentation, en raison de la lenteur relative de son action et des variations subies par celle-ci suivant les facteurs que nous venons d'envisager. Par contre le pouvoir germicide du cuivre pourrait

être utilisé avec avantage pour conserver dans des réservoirs, pendant plusieurs mois, des eaux de pluie ou des eaux de source peu souillées. Les eaux ainsi traitées ne renferment que des traces indosables de cuivre dont il est aisé de se débarrasser par filtration rapide sur sable ou sur coton.

A 16ʰ10ᵐ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16ʰ30ᵐ.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 28 décembre 1931.)

Note de Mˡˡᵉ *Foret*, Sur le chromo, le sélénio et le sulfo-aluminate de chaux :

Page 1423, ligne 18, *au lieu de*

$$3\,CaO.Al^2O^3.A^2Ca.NH^2O,$$

lire

$$3\,CaO.Al^2O^3.A^2Ca.nH^2O.$$

Page 1424, ligne 13, *au lieu de* Bogne, *lire* Bogue.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 FÉVRIER 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

OCÉANOGRAPHIE. — *Disque rhéométrique, appareil simple pour mesurer rapidement la vitesse des courants.* Note (¹) de MM. **L. Lecornu** et **Charles Richet**.

I. Le principe de cet appareil est connu. C'est, à peu de chose près, celui des anémomètres destinés à mesurer la vitesse des avions.

Si l'on se tient dans un bateau amarré et qu'on mette à la mer une ligne tendue par un plomb de 20 à 30ᵍ environ, le plomb, s'il ne touche pas le fond, est entraîné par le courant, et la ligne fait avec l'immobile bateau un angle qui est en rapport avec la vitesse du courant.

Cet angle varie d'ailleurs pour un même courant avec la surface et le poids du plomb.

Nous avons fait construire à l'Institut Marey un petit appareil très simple qui mesure cette déviationangulaire.

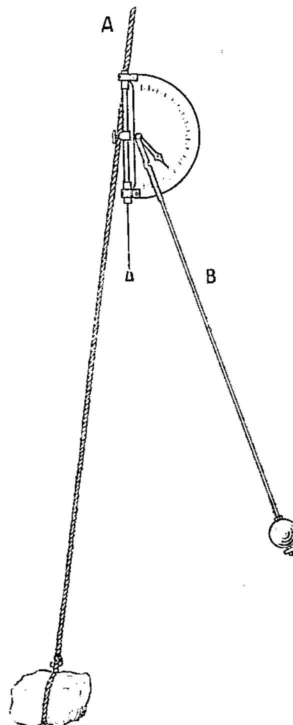
II. Soit une corde A portant une lourde pierre et attachée à un flotteur de liège. La corde doit être assez longue pour que la pierre touche le fond et alors ne se déplace pas. A cette corde A on adapte un disque que nous appellerons *disque rhéométrique*, disque que l'on peut maintenir en un point quelconque de la corde. Il peut tourner autour de ce point, et il est lesté de telle façon que le zéro de sa graduation se trouve toujours, quelles que soient

---

(¹) Séance du 1ᵉʳ février 1932.

la forme et la position de la corde, sur la verticale du point de suspension.

Ce disque gradué a environ 10^{cm^2} de surface. En son centre sont adaptés une tige B mobile et un index qui marque le déplacement de la tige B sur le disque. La tige B, mobile, est entraînée par le courant et fait avec la verticale un angle que mesure le déplacement de l'index. Cette tige B de 1^m environ, très mobile, porte à son extrémité une sphère métallique creuse : par conséquent assez légère, ayant à peu près 6^{cm} de diamètre.



Bien entendu, on peut modifier soit le poids, soit le volume de cette sphère.

Quand l'appareil est immergé, s'il y a un courant, la boule de la tige mobile est entraînée et fait avec la verticale un angle, mesuré par le déplacement de l'index.

Il va de soi que ce déplacement est un maximum, car l'index ne peut pas rétrograder.

III. Pour que l'immersion et l'émersion de l'appareil ne déplacent pas

la tige mobile, il faut la maintenir collée à la corde pendant l'immersion et l'émersion, ce qui est possible par un dispositif très simple qui ne sera pas décrit ici, *brevitatis causa*.

IV. Le disque prend la direction du courant, car il est assez large pour agir à la manière d'une girouette qui s'oriente dans le sens du courant.

Enfin il est bon que le flotteur de liège, pour ne pas trop subir les effets du vent et de la houle, ne dépasse que très peu la surface de l'eau.

Au bout d'une dizaine de minutes, l'expérience est terminée.

V. Avec cet appareil rudimentaire, nous avons fait de nombreuses expériences, qui nous ont paru satisfaisantes. La vitesse du courant était donnée par la durée de la course d'un flotteur quelconque pour un espace exactement mesuré.

On a trouvé ainsi pour un courant d'une vitesse de 8^{m} par minute, un écartement angulaire de 3°, et pour une vitesse de 18^{m} par minute, un écartement angulaire de 6°. Ce sont des chiffres très approximatifs, mais on pourra leur donner plus de précision en adoptant un disque plus grand muni d'une graduation plus détaillée.

VI. On peut mesurer le courant à des hauteurs très différentes selon le point où sur la corde on attache le disque.

VII. Il eût été intéressant de pouvoir mesurer la vitesse du courant en pleine mer, alors qu'on n'a pas de points de repère sur la côte. Notre appareil peut servir à cet effet, à la condition d'avoir une corde portant une lourde pierre et assez longue pour que la pierre touche le fond de la mer. Mais nous n'avons pas pu encore réaliser cette expérience.

Il serait bon de voir ce dispositif très simple mis en usage par les officiers de Marine. Nous n'ignorons pas que de très nombreux appareils (il y en a une vingtaine environ au Musée de Monaco) ont été imaginés pour la mesure des courants en pleine mer. Mais ils sont coûteux et d'un maniement délicat, tandis que notre *disque rhéométrique* est d'un prix minime et d'un usage très facile.

Il est évident que les graduations (empiriques) de ce *disque rhéométrique* doivent être faites près des côtes et avec des courants de vitesses différentes, car la relation de la déviation angulaire avec l'intensité du courant n'est pas très simple.

GÉOLOGIE. — *Les accidents magnésiens du Bassin de Paris, envisagés dans leurs rapports avec les ruptures d'équilibre du fond des mers.* Note de M. **L. Cayeux**.

Loin d'être limitée à quelques exemples, la transformation de la craie blanche en craie magnésienne est un problème général dont la solution, vainement demandée à des sources, reste à trouver.

Quel est le phénomène qui, à plusieurs reprises, a profondément modifié la craie, au double point de vue physique et chimique, et, notamment, l'a chargée d'une quantité de magnésie généralement faible, mais parfois très élevée ?

1° A deux époques différentes du Crétacé supérieur, le Bassin de Paris a été le théâtre de ruptures d'équilibre qui ont laissé des traces profondes sur la craie.

Les dépôts de la fin du Turonien ont été très influencés, dans leurs caractères physiques et chimiques, par une perturbation qui s'est fait sentir dans tout le Nord de la France, en Normandie et en Angleterre. Il en est résulté une tendance à l'émersion, à laquelle se rattache la formation de craies jaunes et dures, faiblement magnésiennes, et de phosphate de chaux (Cambrésis et environs de Lille).

Une seconde rupture d'équilibre, plus importante que la précédente, correspond à la grande transgression de la mer campanienne, consécutive d'une réduction très marquée de la profondeur. La craie a enregistré cet événement de plusieurs façons : arrêt de la sédimentation, durcissement et perforation du fond, formation de phosphate de chaux à grande échelle, etc. Il n'est pas impossible que ce phénomène, qui a mis fin au dépôt de la craie à *Micraster cor anguinum*, soit une des causes de la transformation de cette craie en craie magnésienne.

En plus des perturbations revêtant une grande généralité comme les précédentes, le Bassin de Paris nous offre des exemples de mouvement de faible envergure engendrant des accidents magnésiens très intéressants. Les deux plus instructifs de tous correspondent aux gisements de craie magnésienne de Bimont (Oise) et d'Étretat (Seine-Inférieure). L'un et l'autre, comme je l'ai montré précédemment, sont la conséquence de mouvements qui ont interrompu la sédimentation et créé des discordances locales [1].

---

[1] L. Cayeux, *Interprétation des gisements de craie magnésienne de Bimont (Oise) et d'Étretat (Seine-Inférieure)* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 217-221).

2° Parmi les conditions de gisement des craies magnésiennes du Bassin de Paris, il en est une qui sollicite l'attention de façon particulière. C'est chose certaine que de puissantes formations de craie magnésienne à *M. cor anguinum* sont localisées sur des anticlinaux, soi-disant formés à la fin de l'époque crétacée. Par exemple, le gisement de Beynes (Seine-et-Oise), où la métamorphose de la craie a été poussée assez loin pour donner naissance à des sables dolomitiques typiques, occupe le sommet d'une importante ride anticlinale, connue depuis longtemps. Le grand développement des sables dolomitiques de la région de Mantes coïncide avec le passage de l'anticlinal, dit de la Seine. Dans une région voisine (vallée de l'Eure) des gisements de sables dolomitiques sont rassemblés sur le tracé d'un autre pli anticlinal (Bueil, Ivry-la-Bataille). Nulle part la transformation de la craie à *M. cor anguinum* en craie, dite magnésienne, ne revêt autant d'ampleur que dans l'Aisne, aux environs de Montcornet ([1]). D'après la carte hypsométrique de la craie dans le Bassin de Paris de G. Dollfus, la zone des sables dolomitiques de la région de Montcornet se trouve sur le passage de l'Axe de l'Artois, c'est-à-dire d'une dislocation qui compte parmi les plus importantes du Bassin de Paris.

S'il est impossible pour l'instant de démontrer que tous les accidents magnésiens de la craie du Bassin de Paris s'ordonnent autour de ruptures d'équilibre, ou se groupent sur le passage d'anticlinaux, il n'en est pas moins certain que les gisements les plus connus et les plus importants ne fournissent que des arguments favorables à pareil essai de synthèse. A cet égard, il est intéressant d'observer que l'aire affectée par les accidents magnésiens coïncide avec la partie du Bassin de Paris où les ruptures d'équilibre se sont manifestées avec le maximum de fréquence et d'amplitude. C'est là, assurément, une donnée importante pour le problème à résoudre.

Dans le cas des perturbations qui engendrent des accidents magnésiens comme celui de Bimont (Oise), on comprend aisément qu'il en doive résulter d'importantes transformations dans les dépôts. Ces perturbations entraînent, en effet, des modifications de profondeur, lentes, rapides ou brusques, la constitution de hauts-fonds, des changements de pression, l'intervention possible de nouveaux apports, etc., c'est-à-dire la création

---

([1]) Ch. Barrois, *Mémoire sur le terrain crétacé des Ardennes et des régions voisines* (*Ann. Soc. géol. Nord*, 5, 1878, p. 449 et suiv.) et *Légende de la feuille de Rethel*.

d'un milieu générateur nouveau, et, partant, des conditions physiques et chimiques nouvelles.

Si l'on entrevoit, à la simple réflexion, la possibilité d'un lien entre les perturbations sous-marines et les accidents magnésiens, par contre, le rôle des anticlinaux, en la matière, ne se conçoit pas, à première vue. Tout en gardant une prudente réserve, on est logiquement conduit à se demander si ces plis n'existaient pas déjà sur le fond de la mer crétacée, à l'exemple des rides sous-marines de la région des minerais de fer de Lorraine (1). Dans l'affirmative ces plis, fonctionnant comme des hauts-fonds instables, auraient reproduit les conditions inhérentes aux ruptures d'équilibre dont il a été question plus haut. A ce sujet l'étude des phosphates de chaux de la craie à Belemnitelles nous mettra en présence d'un fait extrêmement décisif : *Le fond du Bassin de Paris était déjà ridé au début du Campanien.* Dès lors l'orientation indiquée n'est hypothétique que dans la mesure où il est présentement impossible de démontrer que les plis, mis en cause par la formation des accidents magnésiens, étaient déjà ébauchés. Mais il y a toutes probabilités pour qu'il en fût ainsi, dès l'instant qu'ils comptent parmi les plus importants du Bassin. Et, d'ailleurs, que les gisements de sables dolomitiques s'ordonnent sans raison génétique le long d'anticlinaux, on ne peut que se refuser à l'admettre. A tort ou à raison, je vois dans l'intervention de rides anticlinales, en voie de formation ou d'accroissement, un des grands facteurs de la genèse des accidents magnésiens de la craie du Bassin de Paris.

C'est le moment d'observer que la conception qui vient d'être développée est parfaitement conciliable avec la notion de récurrence dans le temps des accidents magnésiens, récurrence sur laquelle M. Ch. Barrois a appelé l'attention (2). Dans le cas de gisements de sables dolomitiques en rapport avec des anticlinaux, si, comme tout le fait supposer, la formation des plis, débutant sur le fond de la mer crétacée, est un phénomène de longue haleine, comportant des étapes successives, on s'explique très bien qu'en s'accentuant à plusieurs reprises, les rides aient pu créer à l'époque tertiaire des conditions favorables à la récurrence d'accidents magnésiens.

Au fond les deux processus mis en jeu : *ruptures d'équilibre* et *modifications bathymétriques par ridement sous-marin*, aboutissent au même résultat

---

(1) L. Cayeux, *Les minerais de fer oolithique de France. II. Minerais de fer secondaires* (*Ét. Gîtes min. France*, 1922, p. 437).

(2) Ch. Barrois, *op. cit.*, p. 451.

quant au milieu, sauf à dire que le second est particulièrement favorable à la genèse des sables dolomitiques. Si je ne me trompe, ils ont créé, l'un et l'autre, des conditions propices à la précipitation du carbonate de magnésie, ainsi qu'aux modifications physiques subies par les craies.

SISMOLOGIE. — *Sur une cause possible des tremblements de terre ne se manifestant pas à la surface du globe.* Note (1) de M. **William Bowie.**

Les tremblements de terre étant dus à la fracture et au déplacement subits des roches, il semble probable que la contraction de l'écorce terrestre au-dessous d'une région abaissée par l'érosion, peut déterminer des tremblements de terre ne laissant aucun indice à la surface de la Terre. Il y a un grand nombre de tremblements de terre qui ne provoquent aucun mouvement perceptible pour nous. On ne peut remarquer aucune fracture de la surface. De tels séismes ont lieu, sans doute, à des profondeurs diverses, mais se produisent-ils au-dessous de la limite inférieure de l'écorce ? C'est une question non encore résolue. Les partisans de l'isostasie sont portés à croire que les tremblements de terre n'ont pas leur siège au-dessous de l'écorce, car dans cette zone la matière doit (nécessairement) posséder un faible degré de viscosité. S'il en était autrement, l'équilibre isostatique presque parfait qui existe ne pourrait avoir lieu.

En tout cas, l'équilibre se maintient pendant l'érosion, et par suite, la partie inférieure de l'écorce se meut vers le haut, comme conséquence de l'afflux vers l'écorce des matériaux situés au-dessous de celle-ci. A la longue, toute une zone s'abaisse par l'érosion. A une érosion de 5 milles peut correspondre peut-être une élévation de l'écorce de 4 milles environ. A une époque quelconque postérieure à un abaissement, la région érodée pourra se tasser en raison de la contraction provenant de la perte de chaleur. L'écorce s'étant élevée de 4 milles, la température sera d'environ 200°C. au-dessus de la normale. Avec la perte de chaleur et la contraction, la matière soulevée devrait tendre à s'arracher des bords non affectés. La contraction tend à être cubique, et par suite, il doit y avoir sous la surface des fissures courant parallèlement, et de même aux angles, sur les axes de la zone affectée.

Il est probable que la température de la surface doit approcher de la nor-

(1) Séance du 21 décembre 1931.

male par suite de son contact avec l'atmosphère, mais toute portion des matériaux situés plus bas aura sûrement une température plus élevée que celle qui est normale pour sa profondeur. La contraction sera le plus souvent cubique avec formation de fissures, et avec les fissures il se produira des tremblements de terre.

Si telle est réellement la suite des phénomènes, le siège des actions qui les produisent doit se trouver dans l'écorce, ou à des profondeurs ne dépassant pas 60 milles environ.

Les fissures sous la surface peuvent être comblées soit par l'enfoncement des matériaux voisins, soit par l'intrusion des matériaux situés au-dessous, qui deviennent plastiques, par suite de la diminution de pression, ou bien par les processus qui se rattachent à la formation de minerais et de filons.

De tels tremblements de terre produits par des contractions ou des tensions peuvent se produire dans les dernières périodes de l'érosion d'une région ou pendant sa sédimentation, après que sa surface a commencé à s'abaisser.

Sir **Robert Hadfield** fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé *The Signatures in the First Journal-Book and the Charter-Book of the* Royal Society.

NOMINATIONS.

M. **Ch. Maurain** est désigné pour représenter l'Académie, avec MM. **L. Lecornu** et **L. Guillet**, précédemment nommés, à la célébration du *Cinquième Centenaire de l'Université de Caen*.

ÉLECTIONS.

M. **Maurice Gignoux** est élu Correspondant pour la Section de Minéralogie par 47 suffrages contre 2 à M. *Jacques de Lapparent*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire de *Médecine* déclarée vacante au *Collège de France* par arrêté du 30 novembre 1931.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire de *Physique théorique* déclarée vacante au *Collège de France* par arrêté du 7 décembre 1931.

(Renvoi aux Sections de Géométrie et de Physique.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Les *Nouvelles Cartographiques* (en russe), rédigées par M. J. Schokalsky et ses collaborateurs. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la représentation sphérique des congruences*. Note de M. **Paul Delens**.

1. Soit une congruence (a) de lignes dont le vecteur tangent unitaire a, au point courant m, dépend de deux paramètres λ, μ; la congruence (e) des lignes isoclines est celle des trajectoires d'un champ de vecteurs e défini par $[\mathbf{e}.d\mathbf{m}.\delta\mathbf{m}] = [\mathbf{a}.d\mathbf{a}.\delta\mathbf{a}]$. En portant, à partir d'une origine O fixe, $\overrightarrow{OA} = \mathbf{a}$, on obtient la représentation sphérique de la congruence, dessinée par les points A de la sphère (Σ) : à une isocline (e) correspond un seul point A, à une surface isoclinale ((e)) une courbe sphérique (A).

Une transformation (ou déformation) du champ a et de la congruence (a) sera dite (T_I) si elle conserve les isoclines, donc le parallélisme des vecteurs a : son image T_I sur (Σ) est une *transformation ponctuelle* des points A. Au contraire, une transformation modifiant les isoclines associe

au vecteur $\mathbf{a}$ d'une isocline ∞^1 vecteurs $\mathbf{a}'$ dont les images A′ forment une courbe (A′) : d'où sur (Σ) une *transformation de contact*.

Soit (T_e) une transformation (T_1) conservant le champ $\mathbf{e}$; d'après

$$(1) \qquad [\mathbf{a}.d\mathbf{a}.\delta\mathbf{a}[=[\mathbf{a}'.d\mathbf{a}'.\delta\mathbf{a}']$$

la transformation T_e sur (Σ) *conserve les aires algébriques;* ceci a lieu en particulier ([1]) pour les rotations T_e images des déformations astatiques (T_e) de la congruence (**a**).

2. Deux paramètres isoclinaux λ, μ sont des coordonnées sphériques de A. Si **m** décrit une courbe (**a**), A se déplace dans la direction de la normale principale **p** en **m**, et décrit une courbe $(A)_a$: *en général* la représentation sphérique de la congruence (**a**) est formée de ∞^2 courbes $(A)_a$, images des surfaces ((**e**)) menées par les courbes (**a**), et déterminées par une équation différentielle du deuxième ordre $F(\lambda, \mu, d\mu/d\lambda, d^2\mu/d\lambda^2) = 0$. On obtient cette équation en considérant **m** comme fonction de trois paramètres : λ, μ fonctions de **a** seul, ζ variant le long des isoclines. La combinaison $d\mu - \varpi\, d\lambda = 0$ des équations différentielles des courbes (**a**) représente l'ensemble des trajectoires orthogonales de la congruence $(\mathbf{e} \wedge \mathbf{a})$, pour lesquelles le déplacement de A a la direction de **p**.

Si $d\mu - \varpi\, d\lambda = 0$ n'est pas intégrable, on pourra prendre $\zeta = \varpi$; une autre combinaison, intégrable, donnant une intégrale première $f(\lambda, \mu, \varpi) = c$, le système

$$(2) \qquad f(\lambda, \mu, \varpi) = c, \qquad d\mu - \varpi\, d\lambda = 0$$

conduit à l'équation du deuxième ordre $F = 0$; c'est *le cas général des congruences de courbes*.

3. Si $d\mu - \varpi\, d\lambda = 0$ est intégrable et donne l'intégrale première $g(\lambda, \mu) = c'$, le système

$$(3) \qquad f(\lambda, \mu, \zeta) = c, \qquad g(\lambda, \mu) = c'$$

n'est représenté sur (Σ) que par l'équation du premier ordre $G(\lambda, \mu, d\mu/d\lambda) = 0$ provenant de l'intégrale $g = c'$ indépendante de ζ. Alors la congruence $(\mathbf{e} \wedge \mathbf{a})$ est normale, donc il existe ∞^1 surfaces (**e**, **a**) communes aux congruences (**e**) et (**a**) : la représentation sphérique est réduite aux ∞^1 lignes $(A)_a$ correspondantes.

([1]) Nous avons conservé les notations de nos Notes précédentes, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 469 et 791; nous n'avions employé (p. 791) qu'une solution particulière de l'équation (1); la solution générale est celle donnée ici.

Sur les surfaces (**e**, **a**), les lignes (**e**) et (**a**) sont conjuguées, et *les lignes* (**e**) *lignes d'ombres pour les rayons lumineux parallèles à* **a**. En outre, l'orientation du repère principal de la congruence (**a**) ne dépend que de deux paramètres λ, μ.

Si la congruence (**a**) est une *congruence générale de droites*, elle est confondue avec la congruence (**e**); le système différentiel est réduit à $d\lambda = 0$, $d\mu = 0$, et la représentation sphérique aux points A de (Σ).

4. Pour les congruences *à surfaces isoclines*, **a** ne dépend que d'un paramètre λ, et $\mathbf{e} = 0$; on peut définir un vecteur *gradient* **n**, normal aux surfaces isoclines, par $\mathbf{n} \times d\mathbf{m} = \mathbf{p} \times d\mathbf{a} = d\sigma$, et $d\sigma$ est sur (Σ) l'élément d'arc de la courbe (A) à laquelle se réduit la représentation sphérique, chacune des ∞^1 surfaces isoclines ayant pour image un seul point A. Les transformations (T'_1) conservant les surfaces isoclines ont pour images T'_1 des *correspondances ponctuelles* entre courbes (A) et (A'); la conservation du champ **n** par une transformation (T'_n) se traduit par une correspondance T'_n *conservant les arcs* σ; une rotation T'_r est un cas particulier.

On devra distinguer les congruences de *courbes*, où l'orientation du repère principal dépend du seul paramètre λ, et les congruences *cylindriques* de droites.

Enfin, pour les congruences de *droites parallèles*, l'image est un seul point A.

5. Signalons, au moins pour le cas général, la correspondance entre les éléments linéaires (λ, μ, ϖ) de (Σ) et les *éléments de position* [1] de l'espace, figurés par un point, une droite issue de ce point, un plan mené par la droite; l'assemblage de ces éléments en éléments osculateurs aux courbes (**a**) se traduit par les conditions d'intégrabilité du repère principal. Aux transformations T_1 du n° 1 ne correspondent pas des transformations ponctuelles prolongées des éléments (λ, μ, ϖ).

---

[1] Un *élément de position* est un *feuillet* au sens de R. de Saussure; M. R. Bricard (*Nouv. Ann. de Math.*, 4e série, 10, 1910, p. 1) emploie les mots *trièdre* et *position*.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Application projective du complexe tétraédral harmonique sur le complexe linéaire non spécial.* Note [1] de M. **Paul Mentré**, présentée par M. Élie Cartan.

1. J'ai donné [2] un exemple d'application projective, du premier ordre infinitésimal, sur le complexe linéaire non spécial. Il s'agissait d'un complexe tétraédral dégénéré à foyer inflexionnel triple. Je vais montrer que le complexe tétraédral harmonique est applicable sur le complexe linéaire; c'est l'exemple le plus simple que l'on puisse trouver parmi les complexes applicables à quatre foyers inflexionnels distincts et par suite à trois familles distinctes de surfaces principales.

2. On peut choisir le repère tétraédrique mobile $a_1 a_2 a_3 a_4$ associé à la génératrice $r = [a_1 a_2]$ d'un complexe linéaire γ de façon à avoir

$$da_1 = a_3\,du - a_4\,dv; \qquad da_2 = a_3\,dv + a_4\,dw; \qquad da_3 = 0; \qquad da_4 = 0.$$

On a alors $\gamma = [a_1 a_3] + [a_4 a_2]$; les coordonnées pluckériennes de la génératrice r sont

$$(1) \qquad z = 1; \qquad y = v; \qquad x = w; \qquad n = -(v^2 + uw); \qquad m = v; \qquad l = u.$$

3. On peut choisir le repère tétraédrique mobile $A_1 A_2 A_3 A_4$ associé à la génératrice $R = [A_1 A_2]$ d'un complexe tétraédral harmonique H de façon à avoir

$$dA_1 = -A_1\,du + A_3\,du - A_4\,dv; \qquad dA_2 = -A_2\,dw + A_3\,dv + A_4\,dw;$$
$$dA_3 = -A_4\,dv; \qquad dA_4 = A_3\,dv.$$

Les coordonnées pluckériennes de la génératrice R sont

$$(2) \qquad Z = e^{-u-w}; \quad Y = -ie^{iv-u}; \quad X = ie^{-iv-u}; \quad N = 2i; \quad M = e^{-iv-w}; \quad L = e^{iv-w}.$$

L'équation pluckérienne du complexe H est donc $LX - MY = 0$.

4. Les développables sont données par l'équation de Monge

$$dv^2 + du\,dw = 0$$

dans le complexe γ et dans le complexe H; par suite les développables se correspondent et les deux complexes sont applicables. La correspondance des droites r et R se déduit des formules (1) et (2).

---

[1] Séance du 1er février 1932.

[2] *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1315.

5. Parmi les ∞^1 complexes linéaires tangents à H au voisinage de R, c'est le complexe linéaire $\Gamma = [A_1 A_3] + [A_1 A_2]$ qui doit être mis en coïncidence, par un déplacement homographique, avec le complexe γ. Par suite le complexe Γ joue un rôle important dans l'application; c'est d'ailleurs l'un des trois complexes stationnaires.

Le complexe linéaire Γ ne dépend que de deux paramètres v et $w - u$. Il coupe le complexe tétraédral H suivant les deux congruences linéaires $v = \text{const.}$, $w - u = \text{const.}$

Les ∞^1 congruences linéaires $v = \text{const.}$ engendrent H de la manière classique et elles engendrent γ de la manière de Sylvester. D'ailleurs lorsque r et R décrivent respectivement les deux congruences linéaires correspondantes $v = \text{const.}$, ces deux congruences subissent une application projective du *deuxième* ordre.

On a les mêmes propriétés pour les congruences linéaires $w - u = \text{const.}$

6. Lorsque v et $w - u$ restent constants, le complexe linéaire Γ reste fixe et la génératrice R décrit une demi-quadrique Q qui est une surface principale de H; la génératrice r décrit alors aussi une demi-quadrique q dans le complexe γ.

Il est remarquable que les ∞^2 demi-quadriques q qui engendrent γ forment un réseau de quadriques qui se raccordent suivant une droite.

7. Les deux autres familles de surfaces principales du complexe H — qui sont aussi des demi-quadriques — sont fournies par $v + iw = \text{const.}$, $u + w = \text{const.}$, et par $v - iw = \text{const.}$, $u + w = \text{const.}$ Ces deux familles s'assemblent donc en ∞^1 congruences $u + w = \text{const.}$ (obtenues en coupant H par un faisceau de complexes linéaires). D'ailleurs on peut faire une remarque analogue pour deux quelconques des trois familles de surfaces principales.

Ce résultat était à prévoir car il n'est qu'un cas particulier du théorème que l'on obtient en transposant, dans l'espace réglé, un théorème énoncé par M. Cartan (1), sur deux des trois familles de lignes de courbure d'une hypersurface conformément applicable sur une hypersphère de l'espace à 4 dimensions.

(1) E. Cartan, *La déformation des hypersurfaces dans l'espace conforme réel à $n \geq 5$ dimensions* (*Bull. Soc. math.*, 45, 1917, p. 88-92).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation matricielle.* Note de M. J. **Delsarte**, présentée par M. J. Hadamard.

Considérons l'équation matricielle

$$K = H - \lambda A . H - \mu A . B$$

où H est une matrice inconnue, A, B et K des matrices données, λ et μ des paramètres. Les matrices dont il est question ici correspondent à des transformations linéaires continues dans l'espace de Hilbert, mais ce que nous allons dire s'appliquerait aussi bien aux matrices hermitiennes infinies de l'espace de Hilbert complexe et en général aux éléments de tout espace matriciel normé.

On peut d'abord résoudre l'équation proposée par un développement procédant suivant les puissances croissantes de λ et μ, convergeant uniformément lorsque ces quantités sont assez petites en modules. On obtient ainsi

$$H = K + \sum_{m,p} \frac{(m+p)!}{m!\,p!} \lambda^m \mu^p A^m . K . B^p;$$

Introduisons maintenant les matrices (E désigne la matrice unitaire)

$$A_\lambda = E + \lambda A + \lambda^2 A^2 + \ldots + \lambda^m A^m + \ldots$$

et

$$B_\mu = E + \mu B + \mu^2 B^2 + \ldots + \mu^p B^p + \ldots$$

qui, comme l'on sait, représentent, pour λ et μ assez petits, les inverses de $E - \lambda A$ et de $E - \mu B$. Ces matrices A_λ et B_μ, considérées comme fonctions analytiques de λ et μ, ont des ensembles singuliers constituant les spectres de A et de B. En sommant la série double précédente par lignes, on obtient

$$H = \sum_{p=0}^{\infty} \frac{\mu^p}{p!} \frac{d^p}{d\lambda^p} [\lambda^p A_\lambda] . K . B^p;$$

puis finalement

$$H = \sum_{q=0}^{\infty} \frac{\lambda^q \mu^q}{[q!]^2} \frac{d^q A_\lambda}{d\lambda^q} . K . \frac{d^q B_\mu}{d\mu^q}.$$

Sous cette dernière forme, il est aisé d'apercevoir quelles seront les multiplicités singulières de la matrice H, considérée comme fonction analytique des deux variables complexes λ et μ. On a, en effet, z désignant une

variable auxiliaire, et en supposant pour un instant λ et μ fixés

$$A_{\lambda(1+z)} = \sum_q z^q \frac{\lambda^q}{q!} \frac{d^q A_\lambda}{d\lambda^q}; \qquad B_{\mu(1+z)} = \sum_q z^q \frac{\mu^q}{q!} \frac{d^q B_\mu}{d\mu^q};$$

posant alors

$$H(z) = \sum_q z^q \frac{\lambda^q \mu^q}{[q!]^2} \cdot \frac{d^q A_\lambda}{d\lambda^q} . K . \frac{d^q B_\mu}{d\mu^q};$$

on voit que cette dernière série en z s'obtient en multipliant terme à terme les séries $A_{\lambda(1+z)}$ et $B_{\mu(1+z)}$. Il est donc à prévoir que le théorème classique de M. Hadamard sur la multiplication des singularités pourra s'appliquer à ces séries de matrices. C'est ce que l'on constate en mettant la série $H(z)$ sous forme d'une intégrale de Cauchy

$$H(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_\varphi \frac{1}{\zeta} A_{\lambda\left(1+\frac{z}{\zeta}\right)} . K . B_{\mu(1+\zeta)}\, d\zeta$$

prise le long d'une courbe φ tracée dans le plan de la variable complexe ζ, qui contient à son intérieur l'origine et les singularités de $A_{\lambda\left(1+\frac{z}{\zeta}\right)}$, et à son extérieur les singularités de $B_{\mu(1+\zeta)}$. Il y aura une singularité en z si le tracé d'une telle courbe est impossible, c'est-à-dire si les deux ensembles ont un point commun. Désignons alors par α une valeur spectrale de A, par β une valeur spectrale de B. L'ensemble singulier de $A_{\lambda\left(1+\frac{z}{\zeta}\right)}$ est décrit par les points

$$\frac{\lambda z}{\alpha - \lambda},$$

et celui de $B_{\mu(1+\zeta)}$ par les points $\beta/\mu - 1$, l'ensemble singulier de $H(z)$ est décrit par les points

$$\left(\frac{\beta}{\mu} - 1\right)\left(\frac{\alpha}{\lambda} - 1\right).$$

En écrivant que $z = 1$ appartient à ce dernier ensemble, on obtient l'équation des multiplicités singulières de H, à savoir

$$1 = \frac{\lambda}{\alpha} + \frac{\mu}{\beta},$$

On peut montrer que si λ et μ appartiennent à ces multiplicités, l'équation homogène

$$H = \lambda A . H + \mu H . B$$

a des solutions non identiquement nulles.

Signalons deux applications importantes :

1° Au point de vue des groupes fonctionnels linéaires, lorsque, voulant généraliser certaines recherches de Engel, Killing, Cartan, on se propose de déterminer les valeurs caractéristiques d'une matrice A dans une structure infinie, on est conduit à l'équation homogène

$$H = \lambda(A.H - H.A).$$

La théorie précédente donne alors comme valeurs caractéristiques, correspondant à des solutions H non identiquement nulles, les valeurs

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\alpha'},$$

α et α' étant des valeurs spectrales de A.

2° En mécanique quantique moderne, l'équation différentielle matricielle

$$\frac{dH}{dt} = A.H - H.B$$

semble jouer un rôle important. A désigne ici une matrice donnée, constante, et H une matrice inconnue, fonction du temps. Cette équation admet comme solutions harmoniques fondamentales les matrices

$$H = he^{\frac{t}{\lambda}}$$

où les h sont des matrices constantes convenables et où les λ sont donnés par les formules

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\alpha'},$$

α et α' étant deux valeurs spectrales de A.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques équations aux dérivées partielles.* Note [1] de M. **Jacques Devisme**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous voulons signaler quelques propriétés d'une classe d'équations aux dérivées partielles linéaires, à coefficients constants, du troisième ordre, comprenant en particulier l'équation de M. P. Humbert [2].

---

(1) Séance du 1er février 1932.

(2) P. Humbert, *Sur une généralisation de l'équation de Laplace* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 8, 1929, p. 145).

THÉORÈME I. — *Si sur l'équation aux dérivées partielles*

$$\frac{\partial}{\partial\xi_1}\left[\sum_2^n \frac{\partial^2 U}{\partial\xi_i^2}\right]=0,$$

on effectue le changement de variables défini par

$$\xi_1=\sum_1^n x_j,$$

$$\xi_i=\sqrt{\frac{\sigma}{i(i-1)}}\left[\sum_1^{i-1} x_j-(i-1)x_i\right] \qquad (i=2, 3, \ldots, n),$$

on trouve une équation aux dérivées partielles linéaires, à coefficients constants du troisième ordre $\Delta_{3,n}=0$, dont le polynome caractéristique adjoint est, au facteur $\frac{1}{\sigma n^2}$ près,

$$p_{3,n}=\left(\sum_1^n x_j\right)\left[\sum_{i,k}(x_i-x_k)^2\right].$$

Les premières équations sont

$$\Delta_{3,2}U=\frac{\partial^3 U}{\partial x^3}-\frac{\partial^3 U}{\partial x^2\,\partial y}-\frac{\partial^3 U}{\partial x\,\partial y^2}+\frac{\partial^3 U}{\partial y^3}=0.$$

$$\Delta_{3,3}U=\frac{\partial^3 U}{\partial x^3}+\frac{\partial^3 U}{\partial y^3}+\frac{\partial^3 U}{\partial z^3}-3\frac{\partial^3 U}{\partial x\,\partial y\,\partial z}=0,$$

. . . . ;

la dernière équation écrite est celle de M. P. Humbert.

THÉORÈME II. — *Les intégrales de l'équation $\Delta_{3,n}U=0$ qui ne dépendent que de $p_{3,n}$ sont pour $n\neq 3$*

$$\operatorname{Log} p_{3,n} \quad \text{et} \quad [p_{3,n}]^{\frac{3-n}{2}},$$

pour $n=3$ la deuxième intégrale est remplacée par $\operatorname{Log}^2 p_{3,n}$ (1).

THÉORÈME III. — *Si $U(x_1, \ldots, x_n)$ est une intégrale de l'équation $\Delta_{3,n}=0$, il en est de même de la fonction*

$$V(x_1, \ldots, x_n)=\left[\sum_{i,k}(x_i-x_k)\right]^{\frac{3-n}{2}}\times U\left(\frac{1}{p_{3,n}}\frac{\partial p_{3,n}}{\partial x_1}\cdots\frac{1}{p_{3,n}}\frac{\partial p_{3,n}}{\partial x_n}\right).$$

---

(1) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 826.

Dans le cas $n=3$ on retrouve le théorème de M. D.-V. Jonesco ([1]).

THÉORÈME IV. — *Si* $U(x_1, \ldots, x_n)$ *et* $U_1(x_1, \ldots, x_n)$ *sont deux intégrales de l'équation* $\Delta_{3,n}=0$,

$$V = U + p_{3,n} U_1$$

est intégrale de l'équation

$$\Delta_{3,n}(\Delta_{3,n} V) = 0.$$

THÉORÈME V. — *Si* $U(x_1, \ldots, x_n)$ *est une fonction de* $x_1, \ldots, x_n$ *définie par la relation*

$$\sum_1^n A_j x_j = 1,$$

où les A_i *sont des fonctions de* U *liées par la relation*

$$\left(\sum_1 A_j\right)\left[\sum_{i,k} (A_i - A_k)^2\right] = 0,$$

U *est une intégrale de l'équation aux dérivées partielles* $\Delta_{3,n}=0$.

THÉORÈME VI. — *Si l'on choisit les constantes* a_i *telles que*

$$\left(\sum_1^n a_j\right)\left[\sum_{i,k} (a_i - a_k)^2\right] = 0,$$

toute fonction $f(u)$ *admettant des dérivées jusqu'à l'ordre* 3, *où*

$$u = \sum_1^n a_j x_j,$$

est une intégrale de $\Delta_{3,n}=0$.

En particulier le polynome homogène et de degré ν $\left(\sum_1^n a_j x_j\right)^\nu$ *est une telle intégrale.*

REMARQUE. — Dans l'étude des équations de Laplace on peut considérer x et a_i comme $\frac{1}{2}\frac{\partial \Sigma x_i^2}{\partial x_i}$ et $\frac{1}{2}\frac{\partial \Sigma a_i^2}{\partial a_i}$. Dans ce cas $\sum_1^n a_j x_j$ s'écrira

$$\frac{1}{4}\sum_1^n \frac{\partial \Sigma a_i^2}{\partial a_j}\,\frac{\partial \Sigma x_i^2}{\partial x_j}.$$

([1]) D.-V. JONESCO, *Sur une équation aux dérivées partielles du troisième ordre* (*Bull. de la Société mathématique de France*, 58, 1930, p. 224).

Cette forme est susceptible de généralisation; nous en donnerons deux exemples relatifs à l'équation de M. P. Humbert. On aura ainsi, sous des conditions très générales, les théorèmes suivants :

THÉORÈME V'. — *Si* $U(x, y, z)$ *est une fonction de* x, y, z *définie par la relation*

$$(A^2 - BC)(x^2 - yz) + (B^2 - CA)(y^2 - zx) + (C^2 - AB)(z^2 - xy) = 1,$$

où A, B, C *sont trois fonctions de* U *liées par la relation*

$$A^3 + B^3 + C^3 - 3ABC = 0,$$

U *est une intégrale de l'équation* $\Delta_{3,3} = 0$.

THÉORÈME VI'. — *Si l'on choisit les constantes* a, b, c *telles que*

$$a^3 + b^3 + c^3 - 3abc = 0,$$

toute fonction $f(u)$ *admettant des dérivées jusqu'à l'ordre* 3 *où*

$$u = (a^2 - bc)(x^2 - yz) + (b^2 - ca)(y^2 - zx) + (c^2 - ab)(z^2 - xy)$$

est une intégrale de $\Delta_{3,3} = 0$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le rôle des fonctions monogènes de M. Borel dans la théorie des séries de Dirichlet.* Note de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. J. Hadamard.

Afin de tenir compte des singularités non isolées, il y a lieu d'énoncer le théorème de M. Hadamard sur la composition des singularités des séries de Taylor sous la forme suivante : la fonction

$$\sum_{n=1}^{\infty}\left[\sum_{m<n}(n-m)^k a_m\right] b_n e^{-ns} \qquad (\text{avec } k \text{ entier} > 0)$$

n'a pas d'autres singularités que les points $\alpha + \beta$, β, où α est une singularité quelconque de $\Sigma a_n e^{-ns}$ et β une singularité quelconque de $\Sigma b_n e^{-ns}$, et les points P qui ne sont accessibles à partir de $+\infty$ par aucune ligne à ordonnées bornées ne contenant aucun des points $\alpha + \beta$ et β.

Sous cette forme le théorème peut être considéré comme cas particulier d'un théorème que nous avons démontré pour les séries de Dirichlet générales [1]. Sous certaines conditions de croissance de $\Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$ et

[1] *Acta mathematica*, 55, 1930, p. 1. α est singulier pour $f(x)$ s'il n'appartient pas à W de $f(x)$.

de $\Sigma b_n e^{-\mu_n s}$ [1], la fonction

$$F(s) = \sum_n \left[\sum_{\lambda_m < \mu_n} (\mu_n - \lambda_m)^k a_m \right] b_n e^{-\mu_n s}$$

n'a pas, dans un certain demi-plan, d'autres singularités que les points $\alpha + \beta$, β, les points limites des points $(\alpha + \beta)$, où α est une singularité quelconque de $\Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$ et β une singularité quelconque de $\Sigma b_n e^{-\mu_n s}$, et les points P qui ne sont accessibles à partir de $+\infty$ par aucune courbe à ordonnées bornées ne contenant aucun des points $\alpha + \beta$, β, ni aucun point limite des points $(\alpha + \beta)$.

Lorsqu'il s'agit des séries $\Sigma a_n e^{-ns}$ et $\Sigma b_n e^{-ns}$, tout point limite des $(\alpha + \beta)$ est un $(\alpha + \beta)$. Mais ceci n'est plus vrai lorsqu'il s'agit des séries de Dirichlet générales. D'autre part, si l'ensemble composé de tous les points $(\alpha + \beta)$, β et les points limites des $(\alpha + \beta)$ est réductible, tout point P est confondu avec un point de cet ensemble.

Nous nous posons la question suivante : les points limites des points $(\alpha + \beta)$ ne faisant pas partie (dans le cas général, lorsqu'il s'agit des séries de Dirichlet générales) du domaine d'existence W de $F(s)$, existe-t-il, du moins dans des cas intéressants, un domaine de monogénéité C, du genre de ceux considérés par M. Borel [2], et dont ces points limites [3] font partie, le domaine C contenant W? On prolongerait alors $F(s)$ quasi analytiquement à travers ces points.

La réponse est affirmative. La notion de quasi-analyticité s'introduit donc naturellement dans la théorie des séries de Dirichlet. Les domaines W qui suffisent pour les séries de Taylor doivent être remplacés par des domaines C lorsqu'on considère des séries de Dirichlet, si l'on désire avoir un théorème où la composition des singularités soit simple.

THÉORÈME. — *Soit $f(s) = \Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$ une fonction qui dans le demi-plan $\sigma > \sigma_f$ ($\sigma_f < 0$) ne possède que des singularités d'affixes*

$$i\alpha_n \quad (\alpha_n \text{ réel}, \; n = \pm 1, \pm 2, \ldots).$$

Soit $\varphi(s) = \Sigma b_n e^{-\mu_n s}$ une fonction possédant un axe de convergence absolue

---

(1) Les conditions de croissance sont du genre de celles qui interviennent dans le théorème énoncé plus loin.

(2) Un domaine C n'est pas composé uniquement de points intérieurs (voir BOREL, *Leçons sur les fonctions monogènes*, p. 125, Gauthier-Villars, 1917).

(3) Lorsqu'ils ne sont pas de la forme $\alpha + \beta$.

et ne possédant dans le demi-plan $\sigma > \sigma_\varphi(\sigma_\varphi < 0)$ *que des singularités d'affixes* $i\beta_n(\beta_n$ *réel* $\neq 0$, $n = \pm 1, \pm 2, \ldots)$.

Supposons que

$$(1) \qquad |\alpha_n + \beta_m| > A > 0 \quad \text{si} \quad n + m \neq 0,$$

$$(2) \qquad |\alpha_n + \beta_{-n}| > 0, \quad \lim_{|n|=\infty} (\alpha_n + \beta_{-n}) = 0.$$

Soient les quantités $\varepsilon_n = \varepsilon_{-n} > 0$ *telles que*

$$8\varepsilon_n < |\alpha_n + \beta_{-n}|$$

et supposons qu'il existe un entier positif k_1 *tel que, quel que soit l'entier* $l > 0$, *la série*

$$\sum_{n=\infty}^{\infty} \frac{\varepsilon_n}{|\alpha_n|^{k_1} |\alpha_n + \beta_{-n}|^l} \qquad (n \neq 0)$$

converge; supposons encore que lorsqu'on exclut dans le demi-plan $\sigma > \sigma_f$ *les cercles des rayons* ε_n *autour des points* $i\alpha_n$, *et du demi-plan* $\sigma > \sigma_\varphi$ *les cercles de rayons* ε_n *autour des points* $i\beta_n$ *on a*

$$|f(s)| < M_1 |t|^{k_2}, \qquad |\varphi(s)| < M_2 |t|^{k_3} \qquad (s = \sigma + it).$$

Dans ces conditions, la fonction

$$F(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \left(\sum_{\lambda_m < \mu_n} (\mu_n - \lambda_m)^k a_m \right) b_n e^{-\mu_n s},$$

où k *est un entier supérieur à* $k_1 + k_2 + k_3$, *est monogène dans un domaine* C, *du genre de ceux considérés par M. Borel, contenant tout segment* $(-\alpha, \alpha)$ *de l'axe réel tel que* $0 < \alpha < |\sigma_\varphi|$.

D'après le théorème cité plus haut, $F(s)$ ne possède sur l'axe réel $(\sigma_\varphi < \sigma < \infty)$ qu'une seule singularité qui est d'affixe O. Le sens de la conclusion de notre théorème doit être précisé de la manière suivante : il existe une suite de points $i\gamma_n$ tels que $\gamma_n \to 0$ et tels qu'on peut les entourer par des cercles de rayon η_n, les points du segment $(-\alpha, \alpha)$ étant à l'extérieur de ces cercles, et $F(s)$ possédant toutes les dérivées lorsque s reste sur ce segment. s_0 étant un point de ce segment, on a

$$F^{(n+1)}(s_0) = \lim \frac{F^{(n)}(s) - F^{(n)}(s_0)}{s - s_0},$$

s tendant vers s_0 tout en restant à l'extérieur des cercles indiqués. La remarque suivante est indispensable.

Si les ε_n tendent vers zéro assez rapidement, la fonction $F(\sigma)$ $(-\alpha \leqq \sigma \leqq \alpha)$ *appartient à une classe de fonctions quasi analytiques :*

$$|F^{n}(\sigma)| < cm_n \quad \left(\sum \frac{1}{\sqrt[n]{m_n}} \text{ diverge}\right),$$

$m_n = (n\delta_n)^n$, *les quantités,* δ_n *croissant vers l'infini aussi lentement qu'on veut à condition que les* ε_n *tendent vers zéro assez rapidement.*

ÉLASTICITÉ. — *Sur l'état élastique et plastique d'un corps indéfini à deux dimensions percé d'un trou circulaire et sollicité par une tension uniforme à l'infini.* Note de M. **Davin**, présentée par M. E. Jouguet.

Nous avons, dans une précédente Note (¹), dont nous reprenons les notations, signalé qu'il y avait intérêt à étendre le problème d'Alfons Léon au cas où la limite d'élasticité est dépassée. Nous donnons ici une première approximation de la solution, lorsque le dépassement est infiniment petit, moyennant les hypothèses suivantes :

1° Dans la partie du corps déformée plastiquement, les tensions principales vérifient la relation

$$|\nu_1 - \nu_2| = K,$$

où K ne dépend que de la nature et de la température du corps.

2° Les lois de l'élasticité sont valables partout où l'on a

$$|\nu_1 - \nu_2| < K.$$

Une courbe limite (C_1) sépare les deux domaines. Sur cette courbe on démontre que N_ρ, N_T, T se raccordent dans les deux domaines :

1° *Étude du domaine plastique.* — La détermination générale de l'état plastique, dans les hypothèses ci-dessus, a été faite par Carathéodory et Foppl (²) qui ont donné la construction générale des courbes d'Hencky-Prandtl (trajectoires à 45° des isostatiques) et ont montré que la solution est unique dans un domaine limité à quatre courbes d'Hencky-Prandtl rectangulaires lorsqu'elle est donnée sur deux d'entre elles. Les courbes d'Hencky-Prandtl sont des caraetéristiques du problème au sens de Cauchy. Si l'on se donne l'état de tension sur une courbe (C) qui n'est pas

(¹) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1318.

(²) *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*, 3, 1923. p. 468.

de Hencky-Prandtl, celui-ci est déterminé dans le rectangle curviligne d'Hencky-Prandtl circonscrit (domaine D), la courbe (C) étant supposée telle que chaque courbe de Hencky-Prandtl ne la rencontre qu'une fois.

Ces raisonnements ne sont naturellement valables que si les lois de la plasticité sont valables dans tout le domaine envisagé. Snpposons que la courbe limite du domaine plastique pénètre dans le domaine D; l'expression obtenue pour l'état de tension n'est plus valable que dans le domaine D' des points M tels que les deux courbes d'Hencky-Prandtl issues de M rencontrent (C) sans pénétrer dans le domaine non plastique. Nous appellerons D' domaine plastique restreint.

Dans le cas traité dans notre Note ci-dessus visée, (C_1) est composée de deux arcs de courbe MM' et NN', chacun symétrique par rapport à l'axe polaire, symétriques entre eux par rapport au centre, M, M', N, N' étant des points du contour circulaire du trou. Les arcs plastiques MM', NN' du contour circulaire jouent le rôle de (C); les courbes d'Hencky-Prandtl sont des arcs de spirales logarithmiques à 45° et le domaine plastique restreint est facile à construire si l'on suppose connue la courbe (C_1). T plastique est nul.

2° *Étude de* (C_1) *et du domaine élastique en première approximation.* — Prenons comme infiniment petit principal l'angle polaire de M. Nous allons établir une solution qui vérifie à un infiniment petit près du troisième ordre les équations du problème.

Nous supposerons, pour simplifier les calculs, que la tension uniforme à l'infini est toujours représentée par $-\pi/2$. A mesure qu'elle croît, l'unité de tension croît et K diminue. Dans l'état élastique pur le point le plus fatigué A subit une différence de tensions principales égale à $3\pi/2$: la plasticité apparaît dès que $K < 3\pi/2$ et l'on a dans l'état plastique :

$$K = N_\rho - N_T = \frac{\pi}{2}(3 - \varepsilon).$$

Supposons qu'au troisième ordre près, la solution ne soit pas modifiée dans le domaine resté élastique.

La courbe limite du domaine plastique serait alors, à cet ordre près, la courbe le long de laquelle on aurait

$$\nu_1 - \nu_2 = \frac{\pi}{2}(3 - \varepsilon).$$

Il reste à vérifier que N_ρ, N_T, T élastiques et plastiques sur cette courbe, sont égaux au troisième ordre près.

Comme cette courbe limite ne s'écarte du cercle que d'un infiniment

petit du deuxième ordre, T élastique est nul au troisième ordre près, donc égal à cette approximation à T plastique.

D'autre part, pour θ donné :

N_ρ (élastique ou plastique) est égal au quatrième ordre près à

$$N_\rho(r) + \frac{\partial N_\rho(r)}{\partial r}(\rho - r),$$

c'est-à-dire à

$$N_\rho(r) + (\rho - r)\frac{N_T(r) - N_\rho(r)}{r} \qquad \text{(élastique)},$$

$$N_\rho(r) + (\rho - r)\frac{-K}{r} \qquad \text{(plastique)}.$$

Puisque $N_\rho(r) - N_T(r)$ est égal à K à un infiniment petit du deuxième ordre près, ces deux valeurs concordent au troisième ordre.

Ce même raisonnement s'appliquant à N_T, l'hypothèse est vérifiée.

Quelle est cette courbe limite? Nous n'avons à la connaître qu'au troisième ordre près. Dans la solution élastique on trouve, en développant en série double :

$$\begin{aligned} N_\rho - N_T = & \frac{3\pi}{2} - 5\pi\left(\frac{\rho - r}{r}\right) + \ldots \\ & - 2\pi \sin^2\theta + \ldots\ldots\ldots + \ldots \\ & + \ldots\ldots\ldots + \ldots\ldots\ldots + \ldots \end{aligned}$$

Au troisième ordre près cette courbe se confond donc avec la courbe :

$$\frac{3\pi}{2} - 5\pi\left(\frac{\rho - r}{r}\right) - 2\pi \sin^2\theta = \frac{\pi}{2}(3 - \varepsilon),$$

courbe dont le rayon de courbure est, à un infiniment petit près, $r_1 = 5/9\, r$.

HYDRAULIQUE. — *Sur la propagation des coups de bélier à travers un nœud d'un réseau de conduites.* Note (¹) de M. **Enrico Volterra.**

Considérons un système de n conduites $C_1, C_2, \ldots, C_n$ de longueur $l_1, l_2, \ldots, l_n$ ayant un nœud commun O. A l'extrémité de la conduite C_1 se trouve un robinet qui permet de faire varier le débit suivant une loi connue. A l'extrémité des autres conduites il y a des réservoirs à niveau constant.

Soient y_0 la pression en régime permanent (nous ne tiendrons pas compte de l'inclinaison du réseau); $v_{01}, v_{02}, \ldots, v_{0n}$ les vitesses; $\Omega_1, \Omega_2, \ldots, \Omega_n$ les aires de sections des conduites; $a_1, a_2, \ldots, a_n$ les vitesses de propagation du coup de bélier à travers les conduites.

(¹) Séance du 25 janvier 1932.

A partir de l'instant initial $t = 0$, considérons des perturbations du régime permanent, produites par la manœuvre du robinet. De cette manière dans la première conduite, naissent des phénomènes de régime variable, accompagnés de variations brusques des vitesses et des pressions qui se propagent dans tout le réseau. C'est cette propagation que nous nous proposons d'étudier.

Les expressions générales de la pression et de la vitesse dans la conduite C_i sont

$$(1)\quad \begin{cases} y_i = y_0 + F_i\left(t - \frac{x_i}{a_i}\right) + f_i\left(t + \frac{x_i}{a_i}\right), \\ v_i = v_{0i} - \frac{g}{a_i}\left[F_i\left(t - \frac{x_i}{a_i}\right) - f_i\left(t + \frac{x_i}{a_i}\right)\right], \end{cases}$$

où F_i et f_i sont des fonctions inconnues qui sont déterminées par les conditions aux limites suivantes : 1° la variation du débit du robinet de l'extrémité de C_1 suivant une loi connue. Elle fournit la condition

$$F_1\left(t - \frac{l_1}{a_1}\right) - f_1\left(t + \frac{l_1}{a_1}\right) = \frac{a_1}{g}\varphi(t)$$

où $\varphi(t)$ est une fonction connue; 2° aux extrémités des autres conduites les pressions restent constantes. On en tire

$$f_i(t) = -F_i\left(t - \frac{2l_i}{a_i}\right);$$

3° au nœud O, on a $(n-1)$ relations exprimant l'égalité des pressions et d'autre part l'équation de continuité. J'ai déjà montré (1) que ces conditions sont suffisantes pour caractériser d'une manière unique le phénomène.

Les équations fournies par le nœud O conduisent aux n relations

$$(2)\quad \begin{cases} F_s(t) = \dfrac{1}{\sum_1^n {}_i\frac{\Omega_s}{a_i}} \left\{ \left[\frac{\Omega_s}{a_s} - \sum_2^n {}_i \frac{\Omega_i}{a_i}\right] f_s(t) + 2\sum_2^n {}_i \frac{\Omega_i}{a_i} f_i(t) \right\}, \\ f_s(t) = \dfrac{1}{\sum_1^n {}_i\frac{\Omega_i}{a_i}} \left\{ \left[\frac{\Omega_s}{a_s} - \sum_1^{n-1} {}_i \frac{\Omega_i}{a_i}\right] F_s(t) + 2\sum_1^{n-1} {}_i \frac{\Omega_i}{a_i} F_i(t) \right\}, \end{cases}$$

(1) ENRICO VOLTERRA, *Sulle vibrazioni dei sistemi reticolari elastici e sul colpo d'ariete nelle condotte multiple* (*Rendiconti della R. Accademia dei Lincei*, 6e série, 12, 2e sem. 1930, p. 420) et *Sul fenomono di colpo d'ariete nelle condotte multiple* (*Atti del R. Istituto Lombardo*, 2e série, 64, 1931, p. 624).

qui nous permettent d'exprimer les F_i en fonction des f_i et inversement, pour une même valeur de t.

Par exemple, dans le cas de deux conduites à caractéristiques diverses, l'onde de surpression

$$y_1 = y_0 + F_1\left(t - \frac{x_1}{a_1}\right), \qquad v_1 = v_{01} - \frac{g}{a_1} F_1\left(t - \frac{x_1}{a_1}\right)$$

arrivée au nœud O se divise en deux ondes : l'une caractérisée par la fonction λF_1 qui se réfléchit et retourne en arrière dans la première conduite C_1; l'autre correspondant à $(1-\lambda)F_1$ qui se propage dans la seconde conduite C_2.

Les relations (2) donnent

$$\lambda = \frac{\frac{\Omega_1}{a_1} - \frac{\Omega_2}{a_2}}{\frac{\Omega_1}{a_1} + \frac{\Omega_2}{a_2}},$$

d'où, en posant

$$\rho_1 = \frac{a_i v_{0i}}{2 g y_0},$$

on tire

$$\lambda = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1 + \rho_2}.$$

Supposons d'abord, pour fixer les idées sur un cas typique, que C_2 ait une longueur infinie. Posons $t_1 \leqq T_1 = \frac{2 l_1}{a_1}$ pour un instant quelconque t de l'intervalle o T_1 et, indiquons avec les indices 1, 2, ..., n les valeurs d'une fonction aux instants

$$t_1; \quad t_1 + T_1; \quad t_1 + 2T_1; \quad \ldots; \quad t_1 + (n-1)T_1.$$

On a alors les formules de récurrence suivantes :

$$(3) \qquad \begin{cases} y_1 = y_0 + F_1, & v_1 = v_{01} - \frac{g}{a_1} F_1, \\ y_i = y_0 + F_i - \lambda F_{i-1}, & v_i = v_{01} - \frac{g}{a_1}(F_i + \lambda F_{i-1}), \end{cases}$$

où $i = 2, 3, \ldots, n$. En posant

$$\Delta p_i = y_1 - y_0 \qquad \text{et} \qquad \Delta v_i = v_i - v_{0i},$$

on en tire

$$(4) \qquad \Delta p_i = -\frac{a_i}{g}(\Delta v_i - 2\lambda\,\Delta v_{i-1} + 2\lambda^2\,\Delta v_{i-2}, \ldots \pm 2\lambda^{(i-1)}\,\Delta v_1).$$

L'équation (4) nous fait connaître les surpressions dès que l'on connaît

la loi : $v = \varphi(t)$ suivant laquelle varie la vitesse à l'extrémité de C_1. Dans ces problèmes il est avantageux d'employer des méthodes graphiques et l'on peut étendre, par exemple, la méthode donnée par M. Conti ([1]) dans le cas d'une seule conduite.

Si l'aire Ω de la section du robinet varie linéairement dans le temps, $\Omega = \Omega_0\left(1 - \frac{t}{T_1}\right)$ en suivant la méthode donnée par M. Allievi ([2]) (dans le cas d'une seule conduite), on arrive à la relation récurrente

$$\mathcal{G}_i^2 + \lambda \mathcal{G}_{i-1}^2 - (1 + \lambda) = 2\rho[\lambda \eta_{i-1} \mathcal{G}_{i-1} - \eta_i \mathcal{G}_i + (1 - \lambda)]$$

où

$$\mathcal{G}_i^2 = \frac{y_i}{y_0}, \qquad \eta_i = \frac{\Omega_i}{\Omega_0}.$$

Si la conduite C_2 est de longueur finie tout se passe comme s'il y avait non seulement des réflexions (partielles) au nœud, mais aussi des réflexions totales à l'autre extrémité. Le calcul peut d'ailleurs être développé d'après les mêmes principes. Ils sont applicables aussi pour le cas de plus de deux conduites aboutissant au même nœud. Tout cela est mis nettement en évidence par l'emploi de méthodes graphiques convenables.

ASTRONOMIE. — *Sur la détermination des constantes vectorielles de l'orbite d'après deux lieux héliocentriques de l'astre.* Note ([3]) de M. **Thadée Banachiewicz**, présentée par M. Ernest Esclangon.

C'est à Gibbs que l'on doit les meilleures formules pour la détermination, d'après deux lieux héliocentriques de l'astre, des *six* constantes vectorielles ([4]) de l'orbite. Bien que les formules de Gibbs, recommandées justement par MM. Veithen, Merton et Stracke, soient certainement très ingénieuses, elles ne paraissent pas entièrement satisfaisantes. D'abord un des vecteurs dont ces formules font dépendre la solution est une inconnue, petite du premier ordre, à déterminer d'après des grandeurs finies. Ensuite,

([1]) V. de Marchi, *Idraulica*, 1, p. 283 (Hœpli, Milano, 1930).

([2]) Allievi, *Théorie générale du mouvement varié de l'eau dans les tuyaux de conduite* (*Revue de Mécanique*, janvier et mars 1904, p. 5, extr.) et *Théorie du coup de bélier*, traduit par D. Gaden, Paris, 1921.

([3]) Séance du 11 janvier 1932.

([4]) Pour le calcul des *neuf* constantes, voir Ch. H. Smiley, *Astron. Journ.*, 40, 1930, p. 31.

et c'est déjà une question de principe, on y suppose connue l'anomalie vraie v_1. Or les anomalies vraies sont des quantités auxiliaires du calcul logarithmique qui commencent à devenir quelque peu désuètes dans ce problème. Enfin les formules ne sont pas symétriques par rapport aux deux lieux, ce qui peut laisser supposer que leur forme n'est pas encore définitive.

Nous tenons compte des deux lieux P_1 et P_3 uniformément, en basant la solution sur la position de la corde $P_1P_3 = s$; notre seconde direction fondamentale est celle de la perpendiculaire $SH = h$ (hauteur du triangle P_1SP_3), menée du Soleil S sur la corde. Les projections de P_1P_3 sur les axes des coordonnées sont $x_3 - x_1$, $y_3 - y_1$, $z_3 - z_1$; les projections h_x, h_y, h_z de SH sur les mêmes axes seront, en désignant par m_1 et m_3 des nombres réels quelconques et par M leur somme :

$$\left\{\begin{matrix} Mh_x \\ Mh_y \\ Mh_z \end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix} 1 \\ \varkappa \end{matrix}\right\} \left\{\begin{matrix} m_1x_1 + m_3x_3 & m_1y_1 + m_3y_3 & m_1z_1 + m_3z_3 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 & z_3 - z_1 \end{matrix}\right\} \tag{1}$$

où l'on a, pour $\varkappa$, d'après la condition de la perpendicularité de h et s,

$$\varkappa = \frac{1}{2}(m_1 - m_3) - \frac{1}{2} M \frac{\sin\beta}{\sin\gamma}, \tag{2}$$

$\sin\beta$ et $\sin\gamma$ étant les auxiliaires envisagées dans une Note précédente [1]. On a d'ailleurs, en posant $r = \frac{1}{2}(r_1 + r_3)$,

$$\sin\beta = \frac{\Sigma x_3(x_3 - x_1)}{rs} - \sin\gamma = \frac{\Sigma x_1(x_3 - x_1)}{rs} + \sin\gamma = \frac{\Sigma(x_3 + x_1)(x_3 - x_1)}{2rs}. \tag{3}$$

On obtient les résultats les plus simples en posant $m_1 = 1$, $m_3 = 0$, ou bien $m_1 = 0$, $m_3 = 1$, ou encore $m_1 = m_3 = 1$; mais, en pratique, on pourra disposer aussi de m_1 et m_3 pour réduire la grandeur numérique des facteurs $m_1x_1 + m_3x_3$, etc.

On déterminera h comme $\sqrt{h_x^2 + h_y^2 + h_z^2}$, ou, plus simplement, d'après l'équation

$$h = r\cos\beta\cos\gamma. \tag{4}$$

Les cosinus directeurs de s et de h seront respectivement $x_3 - x_1 : s$, etc., et $h_x : h$, etc.

---

[1] *Sur le calcul des hypothèses dans la méthode Gauss-Encke de la détermination des orbites* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 355).

Désignons maintenant par ϖ l'angle que fait h avec la direction du périhélie. En vertu des considérations précédentes, on aura pour les constantes de Gibbs :

$$(5)\quad \begin{Bmatrix} P_x & Q_x \\ P_y & Q_y \\ P_z & Q_z \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \cos\varpi & \sin\varpi \\ -\sin\varpi & \cos\varpi \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{1}{Mh} & \frac{\varkappa}{Mh} \\ 0 & \frac{1}{s} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} m_1x_1+m_3x_3 & m_1y_1+m_3y_3 & m_1z_1+m_3z_3 \\ x_3-x_1 & y_3-y_1 & z_3-z_1 \end{Bmatrix}.$$

$\varkappa$ ayant la valeur définie par (2) et h celle donnée par (4).

On pourrait réunir dans (5) les deux derniers facteurs du second membre, d'après la règle connue ([1]).

Si les coordonnées se rapportent à deux instants infiniment rapprochés, c'est-à-dire si l'on suppose données la position $P(x, y, z)$ de l'astre et sa vitesse $V(x', y', z')$, la formule (5) devient, en posant $m_1 = m_3 = \frac{1}{2r}$,

$$(5\,bis)\quad \begin{Bmatrix} P_x & Q_x \\ P_y & Q_y \\ P_z & Q_z \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \cos\varpi & \sin\varpi \\ -\sin\varpi & \cos\varpi \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \sec\beta & -\tang\beta \\ 0 & 1 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} x:r & y:r & z:r \\ x':V & y':V & z':V \end{Bmatrix}$$

avec $\sin\beta = r' : V$ ([2]).

Il nous reste enfin à donner les expressions définissant l'angle ϖ.

On a

$$(6)\qquad \sin\varpi = \frac{1}{e}\sin\beta, \qquad \cos\varpi = \cos G\cos\beta,$$

la première de ces formules exprimant la propriété fondamentale de la directrice.

En réalité, il ne sera même pas nécessaire d'employer les formules simples (6), parce que $\sin\varpi$ et $\cos\varpi$, comme aussi l'angle β, se prêtent d'eux-mêmes à servir de grandeurs intermédiaires, *au moyen desquelles* on obtient les quantités e et G ; leur présence dans la solution ci-dessus n'amènera donc aucun surcroît de travail. Ajoutons encore que l'angle ϖ ne figure dans la solution que par ses fonctions trigonométriques $\sin\varpi$ et $\cos\varpi$.

Dans le cas d'une orbite parabolique, on a simplement, d'après (6) :

$$(7)\qquad \varpi = \beta.$$

Boskowicz, au XVIII[e] siècle, avait déjà proposé d'utiliser la corde pour

---

([1]) *Circ. Obs. Cracovie*, 17, 1925, p. 2, formule (12).

([2]) Pour une autre solution du dernier problème voir G. MERTON, *Memoirs of the R. Astron. Society*, 64, III, 1927, p. 103.

orienter (et déterminer) une orbite parabolique ([1]), mais, à notre connaissance, on n'a jamais appliqué cette idée excellente à la détermination d'une orbite d'excentricité quelconque et, même pour la parabole, la proposition est tombée dans l'oubli.

ASTRONOMIE. — *Sur l'angle* S *qui détermine l'orientation j du grand cercle de recherche des astéroïdes.* Note ([2]) de M. **Benjamin Jekhowsky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Considérons deux systèmes de coordonnées α', δ' et α, δ, d'une petite planète, liées par les relations ([3])

$$(1)\qquad \begin{cases} \cos\delta'\,d\alpha' = \cos S\cos\delta\,d\alpha + \sin S\,d\delta, \\ d\delta' = -\sin S\cos\delta\,d\alpha + \cos S\,d\delta. \end{cases}$$

L'angle S étant celui de l'arc MP avec l'arc MP′, compté dans le sens direct; P et P′ sont les pôles des deux systèmes de coordonnées et M est le point qui correspond à la direction observée.

En différentiant les relations ([4]) qui déterminent les quantités α', δ' en fonction des éléments équatoriaux i_1, Ω_1, ω_1 de l'orbite de la planète, ainsi qu'en fonction de son ascension droite α et de sa déclinaison δ, puis ayant égard aux formules ([5]), qui expriment les quantités a_1, b_1, c_1, A_1, B_1, C_1 analogues aux constantes de Gauss proprement dites, à l'aide des mêmes éléments, on trouve

$$(2)\qquad \begin{cases} \cos\delta'\,d\alpha' = \sin b_1\cos(B_1+\alpha')\cos\delta\,d\alpha + \sin c_1\cos(C_1+\alpha')\,d\delta, \\ \sin\delta'\,d\delta' = -\sin b_1\sin(B_1+\alpha')\cos\delta\,d\alpha - \sin c_1\sin(C_1+\alpha')\,d\delta, \\ \cos\delta'\,d\delta' = \cos b_1\cos\delta\,d\alpha + \cos C_1\,d\delta. \end{cases}$$

([1]) *Ouvrages de l'Abbé* Boscowicz, 3, 1785, n° 156, p. 87.

([2]) Séance du 1re février 1932.

([3]) H. Andoyer, *Cours de Mécanique céleste*, 1, p. 204. *Errata* : page 103, dernière ligne, *au lieu de* $\sin\varepsilon\sin i\cos\Omega$, *lire* $\cos\varepsilon\sin i\cos\Omega$; page 115, ligne 8 en remontant, *au lieu de*

$$\sin c'\sin(C'+\omega_1) = \sin\delta'\cos(\alpha-\Omega_1),$$

lire

$$\sin c'\sin(C'+\omega_1) = -\sin\delta'\cos(\alpha-\Omega_1).$$

([4]) *Loc. cit.*, p. 205.

([5]) *Loc. cit.*, p. 114.

De (1) et (2) on tire d'une façon évidente les trois relations suivantes :

$$(3)\qquad \operatorname{tang} S = -\frac{\cos b_1}{\cos c_1} = \frac{\sin c_1 \cos(C_1 + \alpha')}{\sin b_1 \cos(B_1 + \alpha')} = -\frac{\sin b_1 \sin(B_1 + \alpha')}{\sin c_1 \sin(C_1 + \alpha')}.$$

Or, au moment de l'opposition de la planète la coordonnée α' est égale à l'anomalie vraie v de la planète.

Par conséquent, en se rapportant à mes formules [1] (*Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 277), on a immédiatement pour le calcul de l'orientation j du grand cercle de reeherche des astéroïdes au voisinage de l'opposition, les quatre formules suivantes :

$$(4)\qquad j_2 = 15' \cos\delta \operatorname{tang} S = -15' \cos\delta \frac{\cos b_1}{\cos c_1} = 15' \cos\delta \frac{\sin c_1 \cos(C_1 + \alpha')}{\sin b_1 \cos(B_1 + \alpha')}$$
$$= -15' \cos\delta \frac{\sin b_1 \sin(B_1 + \alpha')}{\sin c_1 \sin(C_1 + \alpha')}.$$

Les deux premières de ces expressions sont extrêmement simples, étant donné que les quantités b_1, c_1 se déterminent par les relations

$$(5)\qquad \begin{cases} \cos b_1 = [\lambda_1 \cos b - \lambda_2 \cos a\ ] \operatorname{séc}\delta, \\ \cos c_1 = [\ \ \cos c - \lambda_3 \cos a_1] \operatorname{séc}\delta, \end{cases}$$

avec

$$\cos a_1 = \lambda_1 \cos a + \lambda_2 \cos b + \lambda_3 \cos c,$$

λ_1, λ_2, λ_3 étant les cosinus directeurs de la direction calculée et a, b, c étant les constantes connues de Gauss.

Notons enfin que si l'on pose

$$d\delta = j_1 \cos\delta\, d\alpha, \qquad d\delta' = j'_1 \cos\delta'\, d\alpha',$$

on a, d'après (2), la relation

$$(6)\qquad \operatorname{tang} S = \frac{j_1 - j'_1}{1 + j_1 j'_1},$$

qui montre que j_1 et j'_1 sont des tangentes de deux angles

$$\gamma_1 = \operatorname{arc\,tang} j_1; \qquad \gamma'_1 = \operatorname{arc\,tang} j'_1;$$

tels que l'angle

$$S = \gamma_1 - \gamma'_1.$$

---

[1] Voir aussi B. Jekhowsky, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 548 et 771 ; **190**, 1930, p. 172 ; **192**, 1931, p. 277 et 404 ; *Journal des Observateurs*, **13**, v, 1930, p. 84 ; xi, p. 171 ; **14**, II, 1931, p. 13 ; *Astr. Nachr.*, **236**, n° 5658, 1929, p. 295 ; **242**, n° 3785, 1930, p. 15.

Toutes ces formules et d'autres que l'on déduit simplifient notablement les calculs dans les problèmes relatifs aux petites planètes (correction des orbites, leur identification, détermination de la date de l'opposition).

Je me borne ici à des indications générales, un développement plus important étant réservé pour un autre Recueil.

ASTRONOMIE. — *Calcul des orbites d'étoiles doubles paraboliques.* Note de M. **Ch. Volet**, présentée par M. Ernest Esclangon.

On ne connaît jusqu'à maintenant aucune orbite d'étoile double qui soit nettement parabolique. Par contre, un grand nombre de couples pour lesquels on a donné des orbites elliptiques (ayant même des périodes inférieures à 400 ans), ont un mouvement relatif qui peut se représenter d'une manière très satisfaisante au moyen d'une parabole. En d'autres termes, les périodes dépassant quelques siècles sont généralement si incertaines qu'il est souvent préférable d'éliminer la reeherche de cet élément pour faire bénéficier les autres d'une meilleure détermination. J'ai résolu ce problème en m'inspirant des mêmes principes que j'ai précédemment appliqués au calcul des orbites elliptiques [1] : 1° emploi des coordonnées rectangulaires ; 2° choix de paramètres conduisant aux formules les plus simples pour l'application de la méthode des moindres carrés.

Le mouvement du compagnon peut se représenter par les formules suivantes :

$$\text{(1)} \qquad \mathrm{R}t + \mathrm{S} = u^3 + 3u \qquad \begin{cases} x = \mathrm{A}(1-u^2) + \mathrm{B}u, \\ y = \mathrm{C}(1-u^2) + \mathrm{D}u, \end{cases}$$

qui contiennent une variable auxiliaire u (tangente de la demi-anomalie vraie) et six paramètres R, S, A, B, C et D, dont on peut obtenir une première approximation, par exemple, au moyen de trois observations ainsi qu'il est indiqué plus loin.

Les coefficients différentiels nécessaires pour l'application de la méthode

---

(1) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 482. — Dans cette Note, il faut lire

$$\frac{\partial x}{\partial \mathrm{A}} = \cos u - \mathrm{E} \qquad \text{et} \qquad \frac{\partial y}{\partial \mathrm{C}} = \cos u - \mathrm{E}.$$

des moindres carrés sont :

$$\frac{\partial x}{\partial \mathrm{R}} = -\mathrm{Z}t, \qquad \frac{\partial y}{\partial \mathrm{R}} = -\mathrm{Z}'t,$$
$$\frac{\partial x}{\partial \mathrm{S}} = \mathrm{Z}, \qquad \frac{\partial y}{\partial \mathrm{S}} = \mathrm{Z}',$$
$$\frac{\partial x}{\partial \mathrm{A}} = 1 - u^2, \qquad \frac{\partial y}{\partial \mathrm{C}} = 1 - u^2,$$
$$\frac{\partial x}{\partial \mathrm{B}} = u, \qquad \frac{\partial y}{\partial \mathrm{D}} = u,$$
$$\frac{\partial x}{\partial \mathrm{C}} = \frac{\partial x}{\partial \mathrm{D}} = 0, \qquad \frac{\partial y}{\partial \mathrm{A}} = \frac{\partial y}{\partial \mathrm{B}} = 0;$$
$$\mathrm{Z} = \frac{2\mathrm{A}u - \mathrm{B}}{3(1+u^2)}, \qquad \mathrm{Z}' = \frac{2\mathrm{C}u - \mathrm{D}}{3(1+u^2)}.$$

Les relations entre les paramètres que j'ai introduits et les éléments du mouvement parabolique sont données ci-après; elles présentent une grande analogie avec celles trouvées dans le mouvement elliptique.

$$\mathrm{A} = -q(\cos\omega\cos\Omega - \sin\omega\sin\Omega\cos i),$$
$$\mathrm{B} = 2\,q(\sin\omega\cos\Omega + \cos\omega\sin\Omega\cos i),$$
$$\mathrm{C} = -q(\cos\omega\sin\Omega + \sin\omega\cos\Omega\cos i),$$
$$\mathrm{D} = 2\,q(\sin\omega\sin\Omega - \cos\omega\cos\Omega\cos i).$$

L'époque du passage au périastre est S/R et la constante des aires comptée dans le plan de l'orbite est :

$$\sigma = \frac{\mathrm{R}}{3}q^2.$$

Détermination de l'orbite parabolique par trois observations. — Soient t_1, t_2, t_3 les époques des trois observations qu'on choisira aussi éloignées que possible. On aura :

$$(2)\qquad \begin{cases} \mathrm{R}t_1 - \mathrm{S} = u_1^3 + 3u_1, \\ \mathrm{R}t_2 - \mathrm{S} = u_2^3 + 3u_2, \\ \mathrm{R}t_3 - \mathrm{S} = u_3^3 + 3u_3; \end{cases}$$

$$(3)\qquad \begin{cases} x_1 = \mathrm{A}(1 - u_1^2) + \mathrm{B}u_1, \\ x_2 = \mathrm{A}(1 - u_2^2) + \mathrm{B}u_2, \\ x_3 = \mathrm{A}(1 - u_3^2) + \mathrm{B}u_3, \end{cases}$$

$$(4)\qquad \begin{cases} u_1 = \mathrm{K}(mx_1 - y_1), \\ u_2 = \mathrm{K}(mx_2 - y_2), \\ u_3 = \mathrm{K}(mx_3 - y_3). \end{cases}$$

Le système (4) remplace les équations en y. Il est obtenu en combinant les équations (1) entre elles et en posant :

$$K = \frac{A}{BC - AD}, \qquad m = \frac{C}{A},$$

A et C sont les coordonnées du périastre, m fixe donc la direction de celui-ci.

En éliminant R et S des relations (2), puis A et B des relations (3), on obtient, par l'intermédiaire de (4), deux équations en K et m dont il est aisé d'éliminer K. On voit alors que la solution du problème dépend d'une équation du troisième degré en m dont une seule racine correspond à une orbite possible.

GÉOMÉTRIE DES MASSES. — *Applications de l'ellipsoïde d'inertie.* Note de M. **D. Wolkowitsch**, présentée par M. M. d'Ocagne.

Considérons pour un solide donné :

E_c, l'ellipsoïde central d'inertie de Culmann (c'est l'enveloppe des plans menés parallèlement aux plans passant par le centre de gravité, à des distances égales aux rayons de gyration correspondants), son équation réduite est :

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} - 1 = 0.$$

E_i, l'ellipsoïde conjugué de E_c, son équation réduite est :

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} + 1 = 0.$$

e_1, l'ellipsoïde homocentrique et homothétique à E_c, le rapport d'homothétie étant $1/\sqrt{3}$.

e_2, un deuxième ellipsoïde, comme e_1, mais avec le rapport d'homothétie $\sqrt{3}$.

I. Il existe une famille de tétraèdres tels qu'un système de quatre masses ponctuelles, égales, concentrées aux sommets d'un de ces tétraèdres, admette le même ellipsoïde E_c que le solide donné.

Ces tétraèdres dépendent de trois paramètres.

L'identification de l'ellipsoïde E_c du solide, avec celui d'un des tétraèdres, donnera neuf conditions entre les douze coordonnées des quatre sommets; il reste bien trois paramètres indépendants.

II. Ces tétraèdres sont :

1° conjugués par rapport à E_i (ou anticonjugués par rapport à E_c);

2° inscrits dans l'ellipsoïde e_2;

3° circonscrits à l'ellipsoïde e_1;

4° leur volume est constant.

III. Les arêtes de ces tétraèdres appartiennent à un complexe : c'est le complexe des droites coupant harmoniquement les deux quadriques e_2 et E_i; c'est un complexe du deuxième ordre.

Il se trouve que toute tangente à l'ellipsoïde E_c coupe harmoniquement les deux quadriques e_2 et E_i.

Ainsi le complexe est celui des droites de l'espace tangentes à E_c.

IV. Les points de contact se trouvent au milieu des arêtes. Deux arêtes opposées touchent la quadrique E_c aux extrémités d'un même diamètre. Leurs directions sont conjuguées dans l'indicatrice au point de contact. Elles seront rectangulaires quand l'une d'elles sera tangente à une ligne de courbure; par un point de l'ellipsoïde e_2, il passe, en général, quatre arêtes satisfaisant à cette condition.

V. *Applications à la Dynamique*. — L'identité des ellipsoïdes E_c, dans le solide et dans le tétraèdre, entraîne celle des ellipsoïdes de Poinsot usités d'ordinaire en dynamique; on en conclut que l'on peut remplacer le solide par l'un des tétraèdres dans l'étude du mouvement.

VI. *Solide mobile autour d'un axe. Axe de percussion.* — Si l'axe de rotation est situé dans un plan principal de l'ellipsoïde E_c, une percussion appliquée suivant la droite anticonjuguée de cet axe de rotation dans E_c ne donne lieu à aucune réaction sur l'axe.

VII. A un axe de suspension quelconque, situé dans un plan principal de l'ellipsoïde, correspond un axe d'oscillation situé dans le même plan; ces deux axes sont deux droites parallèles et anticonjuguées par rapport à l'ellipse principale.

Sur chaque ellipse principale il existe 4 points tels que, la tangente en l'un de ces points étant prise pour axe de suspension, la normale au plan, passant par le point diamétralement opposé, soit un axe d'oscillation correspondant.

VIII. *Solide mobile autour d'un point fixe.* — Lorsque le point fixe appartient à la surface e_2, le problème du mouvement du solide se ramène à celui du mouvement d'un triangle invariable, portant des masses égales en ses sommets, ceux-ci étant assujettis à glisser sans frottement sur trois sphères concentriques dont le centre se trouve au point fixe.

Le trièdre ayant pour sommet le point fixe peut être pris pour trièdre d'Euler, s'il est trirectangle; ce cas peut se présenter si le point fixe se trouve sur la courbe d'intersection de l'ellipsoïde e_2 avec la sphère orthoptique de l'ellipsoïde e_1.

GÉOMÉTRIE DU NAVIRE. — *Sur la congruence des droites de poussée.* Note de M. E.-G. **Barrillon**, présentée par M. M. d'Ocagne.

Dans les applications de l'hydrostatique on a souvent à considérer le volume limité par un plan variable (dit *flottaison*) et par une surface fixe (dite *carène*) et principalement la droite (dite *droite de poussée*) menée perpendiculairement à la flottaison par le centre de gravité du volume (dit *centre de carène* C).

Lorsque le plan est astreint à une condition, la droite de poussée engendre une congruence. Dans le problème isocarène cette congruence est celle des normales à la surface engendrée par C. Cette propriété est susceptible de généralisation sous la forme suivante :

Un plan mobile découpant dans une surface fixe un volume V (variable) et la distance du centre de gravité du volume découpé au plan de section étant appelée h (variable), s'il existe une relation quelconque entre V et h (ou entre le volume V et le moment de ce volume par rapport au plan de section) la congruence des droites de poussée est une congruence de normales.

Soient : 1° pour une position initiale de la flottaison, F le point de contact de la flottaison avec son enveloppe, $\overline{\mathrm{GF}}$ le centre de gravité de la section plane, et 2° pour une flottaison voisine θ l'inclinaison sur la flottaison initiale, φ l'angle compris entre la trace sur la flottaison initiale et l'un des axes principaux d'inertie de la section. L'onglet compris entre les deux plans et la surface aura un volume θM_φ et son centre de gravité aura comme coordonnées

$$\frac{I\varphi}{M\varphi} \quad \text{et} \quad \frac{I'_\varphi}{M\varphi}$$

par rapport à l'arête φ de l'onglet (passant par F) et à la perpendiculaire passant par F dans la section. $H\varphi . I\varphi . I'_\varphi$ étant le moment ordinaire, le moment d'inertie et le moment produit d'inertie de la section par rapport à φ et à F.

Le lieu de g_φ lorsque φ varie est la polaire du point F par rapport à

l'ellipse d'inertie de la section (centre $\overline{GF}$)

$$\frac{X^2}{I_0} + \frac{Y^2}{I''_0} + \frac{1}{S} = 0,$$

S étant l'aire de la section, I_0 et I''_0 ses moments principaux d'inertie.

Le plan tangent à la surface C passe par la polaire de F. Cette propriété est commune à tous les cas dans lesquels le plan de section reste tangent en F à une surface et découpe dans une autre surface un volume V.

A chaque direction φ est associé un point g_φ pôle de F. Appelons $\overline{PC}$ la projection du centre de carène sur le plan de section. On aura les directions des plans focaux de la congruence des droites de poussée en déterminant φ de telle sorte que la droite $PC.g_\varphi$ soit perpendiculaire à la direction φ car pour une rotation θ autour d'une arête satisfaisant à cette condition, les droites de poussée successives seront dans un même plan. La condition, pour que les droites de poussée forment une congruence de normales, est que les deux directions ainsi trouvées soient orthogonales. Il faut pour cela que les points $\overline{GF}.F.\overline{PC}$ soient en ligne droite.

En effet, si à chaque $g\varphi$ on associe la perpendiculaire menée par $g\varphi$ sur sa polaire par rapport à l'ellipse d'inertie, ces perpendiculaires enveloppent une parabole. A cette parabole on peut mener par $\overline{GF}$ deux perpendiculaires entre elles (axes de l'ellipse d'inertie) et par F également (côtés du triangle autopolaire rectangle en F). Les directions φ cherchées sont perpendiculaires à celles des tangentes menées de PC à cette parabole. Pour que d'un point $\overline{PC}$ on puisse mener à cette parabole deux tangentes rectangulaires, il faut que $\overline{PC}$ soit sur la droite orthoptique donc sur la droite joignant F à $\overline{GF}$.

La propriété annoncée sur la congruence des droites de poussée sera donc démontrée si nous prouvons que pour toute relation entre V et h les points $\overline{GF}.F$ et $\overline{PC}$ sont en ligne droite.

Or, si A et X_c sont les distances de F, et de $\overline{PC}$ à l'axe φ pour la flottaison initiale, on a

$$dV = \theta SA,$$

$$dh = \theta\left[X_c - A - \frac{h_0}{V} SA\right]$$

et si $f(Vh) = 0$ est la relation donnée, on aura par dérivation

$$F_1(V_0 h_0)\, dV + F_2(V_0 h_0)\, dh = 0,$$

$$F_1(V_0 h_0) SA + F_2(V_0 h_3)\left[X_c - A - \frac{h_0}{V_0} SA\right] = 0,$$

$V_0 h_0$ étant lès valeurs de V et h pour la position initiale de la flottaison.

Ceci donne A/X_c indépendant de la direction φ, ce qui prouve que les points F GF $\overline{PC}$ sont en ligne droite.

En prenant $F_2 \equiv 0$ on obtient le problème isocarène, F est confondu avec $\overline{GF}$, les g_φ à l'infini.

En prenant $F_1 \equiv 0$, on obtient le problème d'immersion constante de C.

En prenant $F_1 = h$ et $F_2 = V$, on obtient le problème de moment constant, F est confondu avec $\overline{PC}$; ce cas est celui où l'énergie potentielle du fluide reste constante.

Dans tous les cas, les formules donnant les distances des points focaux au centre de carène s'obtiennent comme dans le problème isocarène sous sous la forme

$$r = \frac{I - MX_c}{V},$$

bien que la congruence des droites de poussée ne soit généralement pas la congruence des normales au lieu de C. Dans le cas du problème isomoment la congruence est celle des normales à la surface F.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème du refroidissement.* Note (1) de M. **N. Gunther**, présentée par M. J. Hadamard.

1. Supposant le domaine (Ω) limité par une surface (S) de Liapounoff, désignons par $G(y, x)$ la fonction de Green proprement dite, relative au problème de Dirichlet, attachée au domaine (Ω); la fonction de F. Neumann ou, enfin, la fonction de Green relative au problème stationnaire. Cette dernière est égale à la somme de $\frac{1}{r_{10}}$, r_{10} étant la distance entre deux points (y) et (x) et du potentiel de simple couche

$$(1) \qquad T(y, x) = \frac{1}{2\pi} \int_{(s_2)} \frac{H(\sigma_2)\, d\sigma_2}{\tau_{20}}$$

qui satisfait sur (s) à la condition

$$(2) \qquad \sigma^{(i)}(T) = -(hT)_\sigma + \frac{1}{\sigma} \int_{(\sigma)} \left[\frac{\cos(r_{10} N_0)}{r_{10}^2} + \frac{h(x)}{L_0} \right] d\sigma.$$

Nous désignons ici par N_0 la normale extérieure à (S) au point (x) de

---

(1) Séance du 1er février 1932.

l'intégration; par $h(x)$ une fonction positive de point sur (S), bornée et intégrable en sens de Riemann; par $(hT)_\sigma$ la moyenne du produit $h(x)T(y, x)$ pour la portion (σ) de la surface (S) et par $\sigma^{(i)}(T)$ le flux de la fonction T par (σ) dans la direction de la normale extérieure à (S) (¹). Les intégrales sont des intégrales de Stieltjes.

2. Les fonctions $G(y, x)$ [§ 1] sont des fonctions à carré sommable par rapport à un de leurs arguments, les intégrales étant bornées comme fonctions de l'autre. Si l'on a, $f(x)$ étant sommable,

$$(3) \qquad F(\omega) = \int_{(\Omega)} G(\omega, y) f(y)\, d\tau, \qquad G(\omega, y) = \int_{(\omega)} G(x, y)\, d\omega,$$

la fonction moyenne $F(\omega)$ satisfait, pour tout (ω) appartenant à (Ω), à

$$(4) \qquad \Delta F(\omega) = -4\pi f(\omega), \qquad f(x) = \frac{1}{\omega}\int_{(\omega)} f(x)\, d\omega,$$

où $\Delta F(\omega)$ est le laplacien de la fonction moyenne $F(\omega)$, défini dans ma Note *Sur le potentiel newtonien* mentionnée ci-dessus et, suivant le choix de la fonction $G(y, x)$, à une des trois conditions à la frontière

$$(5) \qquad (\alpha)\ \ F(\sigma) = 0, \qquad (\beta)\ \ \sigma^{(i)}(F) = 0, \qquad (\gamma)\ \ \sigma^{(i)}(F) = -(hF)_\sigma.$$

Inversement, chaque fonction continue $F(\omega)$ des domaines (ω), vérifiant l'équation (4) et les conditions (5), est représentable par la formule (3).

3. Si $L(x)$ est une fonction positive sommable, telle que, pour chaque sphère de rayon r_0, le produit

$$L(\omega_0)\, r_0^{1-\lambda} = \frac{1}{\omega_0}\int_{(\omega_0)} L(x)\, d\omega\, r_0^{1-\lambda} \qquad (0 < \lambda \leqq 1)$$

soit borné, le noyau

$$(6) \qquad k(\tau, x) = \frac{1}{\tau}\int_{(\tau)} L(y)\, G(y, x)\, d\tau$$

est continu dans (Ω) comme fonction du point (x), sa variation dans (Ω) étant bornée indépendamment du choix (x); le noyau itéré

$$(7) \qquad k_2(\tau, x) = \int_{(\Omega)} k(\tau, \xi)\, k(\xi, x)\, d\xi,$$

(¹) N. GUNTHER, *Sur une application des intégrales de Stieltjes au problème de Neumann* (*Comptes rendus*, 189, 1929, p. 447); *Sur le potentiel newtonien* (*Ibid.*, 194, 1932, p. 446).

où nous désignons par (ξ) les domaines des points (z), est égal à la moyenne du produit de la forme $L(y)\,l(x, y)$, $l(x, y)$ étant fonction continue des points (x) et (y). Les nombres caractéristiques λ_k de l'équation intégrale au noyau $k(\tau, x)$ sont positifs et les fonctions fondamentales $\varphi_k(x)$, étant continues dans (Ω), forment une suite orthogonale et fermée.

4. Convenons de dire que la fonction sommable $f(x)$ répond à la condition (L), si le produit $L(x)f^2(x)$ est sommable. En supposant que la suite des fonctions $\varphi_k(x)$ est normée et en désignant par $\omega[L(x)f(x)]$, $\varphi_k(\omega)$ les moyennes des produits $L(x)f(x)$, $L(x)\varphi_k(x)$ pour le domaine (ω), on démontre : 1° si $f(x)$ répond à la condition (L), la fonction moyenne

$$F(\omega) = \int_{(\Omega)} k(\omega, y)\,\tau[L(y)f(y)]\,d\tau \tag{8}$$

est développable en une série suivant les moyennes $\varphi_k(\omega)$, cette série étant uniformément convergente par rapport à (ω); une série uniformément convergente par rapport à (ω) est intégrable terme à terme; 2° si la fonction $f(x)$ répond à la condition (L), la fonction moyenne $\omega(Lf)$ est développable en une série suivant les moyennes $\varphi_k(\omega)$ des fonctions fondamentales, la convergence de la série étant, éventuellement, non uniforme.

5. En désignant par $D(x)$ et $F(x)$ des fonctions sommables répondant à la condition (L), posons le problème : construire une fonction r des points (x) dans (Ω) et du temps t, répondant à la condition

$$\Delta\,\rho(\omega) = \frac{\partial\,\omega(L\rho)}{\partial t} - \omega(L\mathfrak{J}) \tag{9}$$

pour chaque (ω) dans (Ω) et vérifiant sur (S) l'une des trois conditions

$$(\alpha)\quad \rho(\sigma) = 0, \qquad (\beta)\quad \sigma^{(i)}(\rho) = 0, \qquad (\gamma)\quad \sigma^{(i)}(\rho) = -(h\rho)_\sigma, \tag{10}$$

telle qu'on ait, pour $t = 0$, $\rho(\omega) = F(\omega)$, où comme toujours

$$\rho(\omega) = \frac{1}{\omega}\int_{(\omega)} \rho(x, t)\,d\omega, \qquad F(\omega) = \frac{1}{\omega}\int_{(\omega)} F(x)\,d\omega.$$

La série, uniformément convergente dans l'intervalle $0 < t$,

$$\omega(L\rho) = \sum_{k=1}^{\infty} b_k\,e^{-4\pi\lambda_k t}\varphi_k(\omega) - \sum_{k=1}^{\infty} e^{-4\pi\lambda_k t}\varphi_k(\omega)\int_0^t e^{4\pi\lambda_k t} a_k\,dt, \tag{11}$$

où

$$a_k = \int_{(\Omega)} \varphi_k(x)\,\omega(L\mathfrak{J})\,d\omega, \qquad b_k = \int_{(\Omega)} \varphi_k(x)\,\omega(LF)\,d\omega, \tag{12}$$

donne la solution du problème, si $\mathfrak{S}(x)$ ne dépend pas du temps. Si $\mathfrak{S}(x)$ dépend du temps, la série (12) donne la solution cherchée, si la moyenne $\omega(\mathrm{L}\mathfrak{S})$ possède des dérivées première et seconde par rapport à t, qui sont les moyennes de fonctions sommables répondant à la condition (L). On démontre ce théorème en remarquant que (10) et (11) conduisent à l'équation

$$(13)\qquad \varphi(\omega)=-\frac{1}{4\pi}\int_{(\Omega)}\mathrm{G}(\omega,y)\frac{\partial\tau(\mathrm{L}\varphi)}{\partial t}d\tau-\frac{1}{4\pi}\int_{(\Omega)}\mathrm{G}(\omega,y)\tau(\mathrm{L}\mathfrak{S})\,d\tau,$$

à laquelle on peut substituer l'équation

$$(14)\qquad \omega(\mathrm{L}\varphi)=-\frac{1}{4\pi}\int_{(\Omega)}k(\omega,y)\frac{\partial\tau(\mathrm{L}\varphi)}{\partial t}d\tau-\frac{1}{4\pi}\int_{(\Omega)}k(\omega,y)\tau(\mathrm{L}\mathfrak{S})\,d\tau$$

et que, inversement suivant le paragraphe 2, la fonction $\varphi(\omega)$, vérifiant l'équation (13), satisfait aux conditions (9) et (10). On trouve la série (11) en cherchant la solution de l'équation (14).

6. On réduit facilement au précédent le problème plus général : *Construire une fonction sommable φ répondant à la condition*

$$(9')\qquad \Delta\varphi(\omega)=\frac{\partial\omega(\mathrm{L}\varphi)}{\partial t}+\omega(\mathrm{L}\theta)$$

pour tout (ω) *appartenant à* (Ω); *vérifiant sur* (S) *une des conditions*

$$(\alpha)\quad \varphi(\sigma)=\mu(\sigma),\qquad (\beta)\quad \sigma'^{n}(\varphi)=\mu(\sigma),\qquad (\gamma)\quad \sigma'^{n}(\varphi)=-(h\varphi)_{\sigma}+\mu(\sigma),$$

et telle que $\varphi(\omega)=f(\omega)$ *pour* $t=0$, $\theta(x)$ *et* $f(x)$ *étant des fonctions sommables répondant à* (L) *et* $\mu(\sigma)$ *la moyenne d'une fonction* $\mu(x)$ *sommable sur* (S).

CHALEUR. — *Propagation d'une vitesse d'échauffement dans une barre métallique non calorifugée. Vitesse de propagation.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. A. Cotton.

L'équation indéfinie déterminant les températures V dans une barre est de la forme

$$(1)\qquad \frac{\partial^2\mathrm{V}}{\partial x^2}=\frac{1}{\beta^2}\mathrm{V}+\frac{1}{a^2}\frac{\partial\mathrm{V}}{\partial t},$$

en désignant par β^2 le rapport $4h/k\mathrm{D}$, et par a^2 le rapport $k/c\rho$ (k est le

coefficient de conductibilité thermique, $c\rho$, la chaleur spécifique volumique, h, le coefficient d'échange thermique entre la barre et l'air ambiant dont la température est prise comme zéro, D, le diamètre de la barre).

Supposons la barre initialement à la température ambiante. La seule manière physiquement déterminée, de produire à une de ses extrémités, choisie pour origine des abscisses, un phénomène thermique simple, est d'y appliquer un flux calorifique, ce qui a pour effet de créer, à cette extrémité, à l'instant $t = 0$, un $\partial V/\partial x \neq 0$, alors que $\partial V/\partial x$ est nul au voisinage immédiat de l'origine et en tous les autres points. Il en résulte qu'à l'extrémité chauffée existe à l'origine des temps un $\partial^2 V/\partial x^2$ infini, donc d'après (1), un $\partial V/\partial t$ infini. Il existe donc, initialement, une perturbation très brutale à l'origine. Cette perturbation, d'abord nulle en un point quelconque [d'après l'équation (1)], y croît, admet un maximum, et se retrouve nulle au bout d'un temps suffisant.

Ce qui suggère de définir le signal thermique par la vitesse d'échauffement $\partial V/\partial t$. L'instant τ d'arrivée du signal au point X sera défini comme l'instant du maximum, en ce point, de $\partial V/\partial t$, la largeur du signal, comme la distance dans le temps, $\Delta\tau$, des deux points d'inflexion de $\partial V/\partial t$.

On peut montrer sans calcul une propriété paradoxale de la propagation, dont nous indiquerons plus loin l'explication. A l'instant initial, la loi des températures étant $V = 0$, en tout point distinct de l'origine, $\partial^2 V/\partial x^2$ et $\partial^4 V/\partial x^4$ sont nuls, donc, d'après

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left(\frac{\partial V}{\partial t}\right), \tag{1}$$

c'est-à-dire $\partial/\partial t(\partial^2 V/\partial x^2)$, est nul. Il en résulte, par dérivation de (1), par rapport au temps, qu'à l'origine des temps $\partial^2 V/\partial t^2$ est nul. On verrait de même, de proche en proche, qu'en tout point distinct de l'origine, V et toutes ses dérivées par rapport au temps sont nulles à l'instant initial. Ainsi, à l'instant initial, la barre — qui ne rayonne pas encore — reçoit de la chaleur, et cependant, en tout point distinct de l'origine, sa température est stationnaire, et a un degré infini.

Si la barre a une longueur finie l, la répartition de $\partial V/\partial t$ s'obtient à un facteur constant près, par la série de Fourier, sous la forme

$$\frac{\partial V}{\partial t} = e^{-\frac{a^2}{\beta^2}t}\left[\frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{n=\infty} e^{-n^2\pi^2\frac{a^2}{l^2}t}\cos n x \frac{x}{l}\right]; \tag{2}$$

et si la barre est une demi-droite indéfinie, l'emploi de l'intégrale de

Fourier donne

$$(3) \qquad \frac{\partial V}{\partial t} = \frac{1}{\sqrt{t}} e^{-\frac{a^2}{\beta^2}t - \frac{x^2}{4a^2 t}},$$

expression beaucoup plus maniable que (2).

En résolvant l'équation $\partial^2 V/\partial t^2 = 0$, on peut connaître à chaque instant la position du signal, et déterminer la vitesse instantanée de propagation. On trouve immédiatement que cette vitesse est infinie à l'origine, ainsi qu'à l'autre extrémité si la barre est finie; ce qui résout le paradoxe précédent, la vitesse de propagation, d'abord infinie, du signal, d'abord infini, assurant dès les premiers instants la répartition de la chaleur fournie par la source. L'intégrale $\int_0^{\Delta x} \partial V/\partial t \, dx$ est singulière, et $\int_0^{\Delta t} dt \int_0^{\Delta x} \partial V/\partial t \, dx$ est bien de l'ordre de Δt, comme la chaleur fournie pendant le même temps.

Il semble impossible de discuter analytiquement l'équation (2). On en est réduit aux calculs numériques, extrêmement pénibles quand la barre est un peu longue, car il faut alors chercher le zéro d'une fonction dont toutes les valeurs utiles sont extraordinairement petites. On trouve que, dès que la longueur de la barre vaut un petit nombre de fois la « constante d'espace » β, caractéristique de la déperdition latérale, le signal parvient au bout de la barre en des temps à peu près proportionnels à la longueur, et dans une barre donnée, dès que l'on n'est plus très près de l'origine, le signal parvient, en chaque point, à peu près à l'instant qu'on déduirait de la vitesse moyenne de propagation.

Il est par contre facile de discuter l'équation (3). On trouve que, dans les mêmes conditions de distance que précédemment, la vitesse moyenne, et aussi la vitesse instantanée plus rapidement encore, tendent vers la valeur constante $u = 2a^2/\beta = 4\sqrt{hk/D}/c\rho$. Cette vitesse est aussi celle vers laquelle paraissent tendre, quand la longueur de la barre augmente, la vitesse moyenne de propagation d'un bout à l'autre, et la vitesse instantanée prise à quelque distance des bouts.

Dans une longue barre de fer, de 2^{cm} de diamètre, placée horizontalement dans l'air, la vitesse d'échauffement, une fois que l'on est à quelque 25^{cm} de l'extrémité chauffée, progresse à raison de 0,3 mm/sec, comme le vérifie l'expérience.

La vitesse de propagation ne se manifeste que si la déperdition latérale

est notable, ce qui explique qu'elle ne s'introduise pas dans le problème électrique analogue à celui-ci.

On observe enfin une particularité curieuse : l'étalement relatif $\Delta\tau/\tau$ du signal reçu, qui part de la valeur $2\sqrt{2/3}$, et croît légèrement avec la distance, diminue ensuite suivant la formule approchée $\Delta\tau/\tau = 2\sqrt{\beta/x}$. Le signal devient donc de plus en plus net, mais cette propriété est toute théorique, l'amortissement se faisant à peu près suivant la loi extrêmement rapide $e^{-\frac{x}{2\beta}}$.

Le cas de la barre infiniment longue non calorifugée, étant physiquement très voisin du cas de la même barre simplement longue, on peut, par comparaison des équations (2) et (3), obtenir la formule asymptotique, précieuse quand x est très petit

$$e^{-1^2x} - e^{-2^2x} + e^{-3^2x} - e^{-4^2x} + \ldots = \frac{1}{2}\left[1 - e^{-\frac{\pi^2}{4x}(1-\varepsilon_x)}\right].$$

ÉLECTRICITÉ. — *Contrôle expérimental du mouvement de petites sphères métalliques dans un champ électrique ionisé.* Note de M. **M. Pauthenier** et de Mme **M. Moreau-Hanot**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons étudié théoriquement [1] la charge limite et la loi de charge de petites sphères conductrices de 12^μ à 120^μ de rayon; à l'effet de contrôler ces résultats, nous avons calculé leurs trajectoires dans un champ cylindrique ionisé. Voyons maintenant quelques vérifications expérimentales relatives à cette théorie. La densité élevée de l'alliage employé atténue dans une large mesure les causes d'erreur dues aux remous de l'atmosphère ionisée; elle réduit d'autre part l'effet de la résistance de l'air à un terme correctif petit que nous avons pu évaluer avec une approximation suffisante [1].

La principale difficulté du contrôle est d'abandonner en un point P_0 du champ, avec un débit modéré, des sphères n'ayant ni vitesse ni charge initiales. Nous avons atteint ce résultat de la manière suivante. Les sphères sont amenées en P_0 par une rigole de cellophane, contenue dans un long tube de verre, et dont l'arête est très légèrement descendante. Un vibreur

(1) M. Pauthenier et Mme M. Moreau-Hanot, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1068; **194**, 1932, p. 260.

électromagnétique (100 périodes) convenablement réglé assure la distribution régulière des sphères. Pour que celles-ci soient neutres au départ, il est indispensable qu'un faible courant d'air s'oppose à l'entrée des ions dans le tube.

Le champ est mesuré à l'aide d'une sonde incandescente et d'un électromètre Abraham; conformément aux résultats d'un travail déjà cité ([1]), nous avons vérifié que ce champ, désigné par E_0 dans les calculs, est constant dans toute la région où nous avons opéré ($r > R/2$, le rayon R du cylindre étant de 20^{cm}).

On aperçoit aisément que le meilleur contrôle s'obtiendra si l'inclinaison moyenne des trajectoires est de l'ordre de 45°. Pour nous placer dans ces conditions nous avons généralement employé un champ de 2400 v/cm (8 C. G. S.).

Un éclairage latéral convenable permet d'examiner directement les trajectoires des particules et de les photographier sur une grande partie de leur longueur. Conformément aux prévisions théoriques, ces trajectoires, légèrement incurvées au voisinage immédiat de P_0, sont ensuite presque rectilignes.

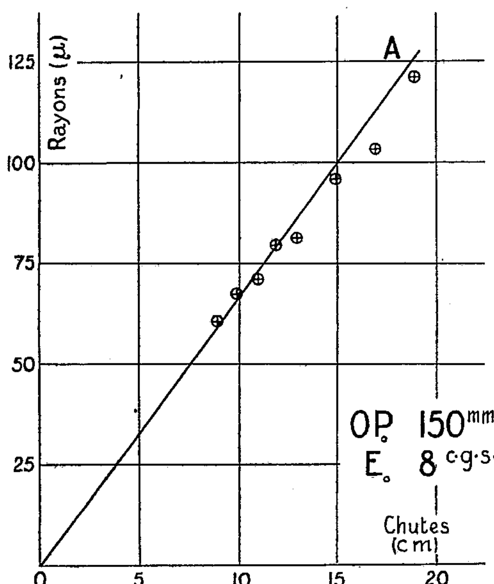
D'autre part, dans la région d'arrivée des particules, nous disposons sur la paroi du cylindre une plaque gélatinée humide où elles se fixent et peuvent être ensuite repérées au microscope. A une hauteur donnée, on trouve des grains dont les rayons varient de 10 pour 100 au plus autour d'une valeur moyenne. Ces divergences sont inévitables : elles sont dues d'une part aux remous de l'air au voisinage des parois, d'autre part à de petites variations du champ, lequel intervient par son carré dans l'expression de la force électrique.

Pour utiliser au mieux les données de l'expérience, nous divisons la plaque à étudier en rectangles de 1^{cm} de hauteur et prenons la moyenne des rayons des particules contenues dans chacun d'eux. Les rayons moyens ainsi déterminés servent à vérifier la loi de chute, à condition, bien entendu, que les particules soient assez nombreuses et que les rayons varient d'une manière suffisamment continue. La figure ci-après correspond à des sphères de rayons compris entre 60^{μ} et 120^{μ} abandonnées à 50^{mm} de la paroi (c'est-à-dire à 150^{mm} de l'axe) dans un champ $E_0 = 8$ C. G. S.

On voit que les points expérimentaux se placent sensiblement sur la droite théorique OA.

([1]) M. PAUTHENIER et P. MALLARD, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 635.

Au cours de nos mesures, nous avons fait varier le point de départ des particules et les limites entre lesquelles sont compris leurs rayons. Il semble, d'après un petit nombre d'observations faites sur des sphères très petites, qu'au-dessous de 20^{μ}, les hauteurs de chute diminuent plus vite que les rayons ainsi que nous l'avions prévu. Au-dessus de cette limite, les vérifications obtenues sont dans tous les cas aussi satisfaisantes qu'on pouvait l'espérer.



Nous avons effectué nos mesures sur des sphères de densité élevée, très supérieures à celle des poussières usuelles, afin d'éliminer certaines difficultés expérimentales. Les lois fondamentales relatives à la charge limite et à la durée de charge ont une portée plus générale. Elles s'appliquent certainement à des sphères conductrices de toutes densités et probablement aussi à des particules dont la forme diffère assez notablement de la sphère.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les formules des trois électromètres à torsion.* Note de M. G. **Nadjakoff**, présentée par M. A. Cotton.

Les formules des trois électromètres à torsion, à quadrants (Lord Kelvin, Curie, Dolezalek, etc.), à binants [(Blondlot et Curie [1]), Dole-

(1) R. Blondlot et P. Curie, *Comptes rendus*, 107, 1888, p, 864. — *Œuvres de P. Curie*, 1908, p. 587.

zalek [1]] et à duants [Hoffmann [2]] ont été établies plusieurs fois indépendamment les unes des autres. Or la construction pareille de ces électromètres permet un examen théorique simultané.

Qu'on s'imagine un système électrométrique complètement pareil à l'électromètre à quadrants, mais dont les potentiels des quadrants (v_1, v_2, v_5, v_6), et des deux secteurs de l'aiguille (v_3, v_4) soient indépendants. Admettons que, pour une position symétrique de l'aiguille, ses secteurs 3 et 4 soient respectivement entre les quadrants 1 et 2, 5 et 6.

A. On obtient la formule de cet électromètre à torsion en considérant l'équilibre entre le couple de torsion mécanique $R\alpha$ et les couples $(\partial W/\partial\alpha)_{v\,\text{const.}}$, où W sera l'énergie de ce système électrostatique :

$$R\alpha = \frac{1}{2}\sum_{i,k=1}^{6} \frac{\partial c_{ik}}{\partial\alpha} v_i v_k. \tag{1}$$

En supposant une symétrie complète de ce système, on peut écrire, entre les coefficients de capacité et d'influence les relations suivantes :

$$\left\{\begin{aligned} \frac{\partial c_{11}}{\partial\alpha} = \frac{\partial c_{55}}{\partial\alpha} = \frac{\partial c_{23}}{\partial\alpha} = \frac{\partial c_{46}}{\partial\alpha} = -\beta, \\ \frac{\partial c_{22}}{\partial\alpha} = \frac{\partial c_{66}}{\partial\alpha} = \frac{\partial c_{13}}{\partial\alpha} = \frac{\partial c_{45}}{\partial\alpha} = +\beta. \end{aligned}\right. \tag{2}$$

Pour les autres coefficients

$$\frac{\partial c_{ik}}{\partial\alpha} = 0 \qquad (c_{ik} = c_{ki}).$$

La constante β représente la capacité d'un secteur de l'aiguille de l'unité d'angle

$$\beta = \frac{\rho^2}{4\pi\delta}, \tag{3}$$

où ρ est le rayon de l'aiguille, δ sa distance des surfaces intérieures de la boîte électrométrique.

De l'équation (1) on déduit la formule générale :

$$R\alpha = \beta(v_1 - v_2)\left(v_3 - \frac{v_1 + v_2}{2}\right) + \beta(v_5 - v_6)\left(v_4 - \frac{v_5 + v_6}{2}\right), \tag{4}$$

qui nous donne les cas particuliers suivants :

---

[1] P. Dolezalek, *Annalen der Physik*, 26, 1908, p. 312.

[2] G. Hoffmann, *Annalen der Physik*, 42, 1913, p. 1196; 52, 1917, p. 665.

1° $v_4 = v_3$, $v_5 = v_1$, $v_6 = v_2$: électromètre à quadrants,

$$(5) \qquad R\alpha = 2\beta(v_1 - v_2)\left(v_3 - \frac{v_1 + v_2}{2}\right),$$

ou plus simplement, pour la méthode hétérostatique,

$$(5') \qquad R\alpha = 2\beta(v_1 - v_2)v_3,$$

ainsi que $v_1 + v_2/2 \ll v_3$.

2° $v_5 = v_2$, $v_6 = v_1$: électromètre à binants,

$$(6) \qquad R\alpha = \beta(v_1 - v_2)(v_3 - v_4).$$

Pour $v_4 = -v_3$, $v_3 - v_4 = 2v_3$ et la formule (6) devient

$$(6') \qquad R\alpha = 2\beta(v_1 - v_2)v_3.$$

3° $v_5 = v_2$, $v_6 = v_1$, le secteur 4 de l'aiguille manque : l'électromètre à duants,

$$(7) \qquad R\alpha = \beta(v_1 - v_2)\left(v_3 - \frac{v_1 + v_2}{2}\right)$$

ou simplement, pour la méthode hétérostatique, comme dans le premier cas

$$(7') \qquad R\alpha = \beta(v_1 - v_2)v_3.$$

On obtient la même formule (7) quand le secteur 4 de l'aiguille ne manque pas et que les potentiels sont $v_4 = v_5 = v_6 = 0$. Mais si les potentiels sont $v_4 = 0$, $v_5 = v_2$, $v_6 = v_1$ la formule (4) donne le cas particulier :

$$(8) \qquad R\alpha = \beta(v_1 - v_2)\left(v_3 - \frac{v_1 + v_2}{2}\right) + \frac{\beta}{2}(v_1^2 - v_2^2),$$

où le second terme provient d'une action idiostatique entre le secteur 4 de l'aiguille et la boîte électrométrique.

Dans les cas 2° et 3° on peut penser que les fentes de la boîte perpendiculaires au grand axe de l'aiguille ont disparu et que l'ouverture des secteurs de l'aiguille peut atteindre éventuellement jusqu'à 180°.

B. D'autre part, une comparaison des trois électromètres à torsion montre que les électromètres à quadrants et à binants aussi bien que le système général se composent de deux systèmes à duants [1, 2, 3] et [5, 6, 4], ce qui permet d'établir les formules des premiers systèmes en partant de la formule du système le plus simple et en l'appliquant deux fois. Par addition de deux formules de la forme (7) en gardant les valeurs et les signes

respectifs des potentiels, on obtient les formules (5) et (6) et la formule générale (4).

Cela est valable quand il s'agit non seulement des formules électrométriques élémentaires, mais aussi des formules complètes, où figurent des couples directeurs électriques.

La formule (6) a été proposée pour la première fois par Blondlot et Curie (*loc. cit.*). Mais ces auteurs supposent une constante β deux fois plus grande. Il est intéressant que les auteurs qui ont tenté plus tard d'établir théoriquement la même formule (6), en faisant la même supposition, ont attribué à l'électromètre à binants l'avantage d'une sensibilité en potentiel deux fois plus grande (pour les mêmes valeurs de ρ, δ, R et v_3) que celle de l'électromètres à quadrants [1] : on voit facilement, en remplaçant les constantes par leurs valeurs, que les formules déduites par Dolezalek ne diffèrent pas de nos formules (6) et (6'). mais qu'il donne une interprétation fausse de ses formules exactes. En même temps la formule (55) de Kottler donne notre constante β si l'on considère qu'au lieu de $-\partial F_{31}/\partial v = +\partial F_{32}/\partial v = \ldots\ldots = a^2$, il faut écrire $= a^2/2$. Récemment [2] nous avons établi directement la formule (6) ayant la même constante β. L'électromètre à binants a assez d'avantages par rapport à l'électromètre à quadrants pour qu'il ne faille pas lui en attribuer encore un autre sans raison valable.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude géologique des massifs dits primaires du Moyen Chelif (Algérie).* Note de MM. **P. Geoffroy** et **T. Koulomzine**, présentée par M. L. de Launay.

On rencontre, le long du Moyen Chelif, de Miliana à Orléansville, des massifs dont le cœur est attribué, depuis longtemps au primaire [3]. Ce sont les massifs des Zaccar, Chergui et Rharbi, sur la rive droite, le massif du Doui sur la rive gauche et son annexe le massif de Littré, sur la rive droite, enfin les massifs de Roüina, Témoulga et Lamartine, tous trois sur la rive gauche. Les cartes géologiques distinguent, en allant de l'intérieur vers l'extérieur de ces massifs, les unités stratigraphiques suivantes :

Des schistes, tantôt légèrement métamorphiques et violacés, tantôt gris

(1) F. Dolezalek (*loc. cit.*) : F. Kottler, *Handbuch der Physik*, herausgegeben von H. Geiger und K. Scheel, **12**, 1927, p. 402, **16**, 1927, p. 244.

(2) G. Nadjakoff, *Annuaire de l'Université de Sofia* (*Mathématique et Physique*), **28**. 1931-1932, p. 57.

(3) Voir les feuilles *Miliana*, *Carnot*, *Oued Fodda* et *Orléansville* de la *Carte géologique de l'Algérie* au 1/50000e et la *Carte géologique de l'Algérie* au 1/500000e.

ou verdâtres et non métamophiques, qui semblent passer à leur partie supérieure à des quartzites avec bancs de poudingues à éléments quartzeux. Sans preuve aucune, les schistes et la partie inférieure des quartzites étaient attribués au Silurien, la partie supérieure de ces quartzites et les poudingues au Permien. On rapportait au même étage des marnes violacées qui forment, par places, la base du groupe suivanf.

Des calcaires, généralement en dalles pouvant n'exister que sous forme d'îlots (Doui, Lamartine) ou prendre au contraire un grand développement (Zaccar, Roüina, Témoulga). Ces calcaires renferment les minerais de fer de la région. Ils furent, sans preuve aucune, classés dans le Lias, tandis que l'érosion était rendue responsable de leur disparition locale.

Enfin des formations presque uniquement marneuses que de rares fossiles permettent d'attribuer au Crétacé moyen.

Une étude détaillée des massifs qui nous occupent, poursuivie pendant deux années avec le souci d'exactitude et de précision qu'impliquent les recherches minières, nous conduit à proposer des discriminations stratigraphiques très différentes de celles qui sont admises jusqu'ici. Nos observations sont résumées dans ce qui suit :

On peut distinguer dans les massifs précédents, trois séries stratigraphiques que nous désignerons provisoirement par les lettres A, B et C.

La série A, la plus ancienne, que nous appellerons aussi série du Doui affleure à la faveur de bombements anticlinaux. Elle forme la presque totalité du massif du Doui, affleure à peine dans les massifs des Zaccar et de Roüina n'apparaît pas dans les autres. Sa constitution lithologique est complexe et variable. Les quartzites et schistes gréseux y jouent un rôle dominant et passent localement à de véritables poudingues à dragées de quartz. Toutes ces formations sont d'ailleurs lenticulaires et offrent de multiples récurrences que la régularité des pendages ne permet pas d'attribuer à des plissements. La partie est et nord-est du Doui est formée de tufs et brèches volcaniques très développés dans lesquels s'intercalent de minces coulées andésitiques, formations que l'on rencontre également dans le Zaccar Chergui.

L'activité volcanique, en partie contemporaine de la série A, affecte également, par l'émission de sills, la base du Crétacé moyen.

La série B, qui entoure ou recouvre la précédente, s'en différencie nettement par la fréquence beaucoup plus faible des bancs gréseux et la présence de roches calcaires. Elle renferme également des schistes qui, lorsqu'ils sont peu chargés de calcaire, se débitent en petites aiguilles d'aspect très

caractéristique. Les calcaires de cette série, presque toujours bien lités et de couleur foncée, diffèrent beaucoup des calcaires massifs de couleur claire qui, en d'autres régions de l'Algérie, sont authentiquement liasiques. Lorsqu'on suit patiemment les contours des îlots calcaires, on constate, toutes les fois que l'observation est possible, que ces îlots sont des lentilles disparaissant en biseau dans les marnes de la même série et ne peuvent, en aucune manière, être considérés comme des témoins capricieusement découpés par l'érosion. Ces lentilles calcaires sont très fréquentes à la base de la série B, mais elles peuvent exister à d'autres niveaux ou envahir complètement la série (Zaccar, Rharbi). Ailleurs, les calcaires font place à des schistes foncés, calcareux, se débitant en dalles, et affleurant largement dans le massif de Littré.

Le passage des uns aux autres est particulièrement net dans l'Oued Aïdouss qui sépare les deux Zaccar.

Les marnes de cette série prennent, sous l'influence d'un métamorphisme qui se développe en traînées ou taches, une couleur violette. Le passage de la roche normale à la roche altérée s'observe facilement en plusieurs points du Doui. Ces schistes métamorphiques forment, à la faveur d'un synclinal perché, le sommet du Doui et ont été confondus avec ceux de la série A sur les cartes géologiques qui les classent tantôt dans le Silurien, tantôt dans le Permien. Nous avons eu la bonne fortune de trouver un fragment d'empreinte d'ammonite indéterminable dans ces schistes violets. On observe également un métamorphisme ou une altération des calcaires accompagnant ces schistes.

La série B présente des variations de faciès assez déroutantes au premier abord. Au sud et à l'ouest du Doui le faciès est néritique. Il devient plus profond dans le massif de Littré qui, par ce caractère, s'apparente à l'Atlas du Bou Mad lui faisant suite au Nord, et ne reprend un caractère néritique que dans le Zaccar.

Il était important d'observer les relations existant entre la série B et la série C qui la recouvre, celle-ci renfermant des terrains crétacés assez bien datés par leurs fossiles. Malheureusement, les termes supérieurs de la série C, l'Albien et le Cénomanien, sont largement transgressifs, masquant ainsi les contacts qui nous intéressent. Cependant, soit sur le flanc nord du Zaccar, soit dans le massif de Littré, soit enfin dans la forêt des Babor, entre les massifs du Doui et de Roüina, nous avons pu observer que la série B était recouverte, en parfaite continuité, par de l'Aptien, probablement supérieur.

La série B *se trouve donc être d'âge barrémien-aptien sans que l'on puisse, pour l'instant, préciser davantage.* Tel est donc, par suite, l'âge des calcaires du Zaccar classés dans le Lias et celui des schistes de Littré, classés dans le Silurien.

Nous avons recueilli, sur le flanc ouest du Doui, et dans la série B, un fragment d'ammonite du genre *Puzozia* ou *Latidorsella*. L'existence d'une *Puzozia* serait une présomption nouvelle en faveur de l'âge barrémien-aptien de cette série.

Quant à la série du Doui, nous montrerons dans une prochaine Note que l'on peut, avec vraisemblance, la considérer comme un faciès particulier du Néocomien.

Pour terminer, nous nous faisons un devoir de rendre hommage à la mémoire de Pomel, qui, à la suite d'observations patientes, avait, il y a plus de soixante ans, classé les calcaires du Zaccar dans le Crétacé inférieur.

GÉOLOGIE. — *Sur les accidents de la chaîne du Rif selon la transversale de Xauen.* Note de M. **Paul Fallot**, présentée par M. Ch. Jacob.

J'ai montré qu'en dépit des apparences et des contacts verticaux d'allure normale, entre la bordure externe de la dorsale jurassique calcaire du Rif et le Flysch, la marge du Jurassique chevauche ce Flysch à hauteur de Xauen ([1]). De nouvelles observations détaillées sur la feuille Xauen au 1/50000e, parue postérieurement à mes premières Notes, m'ont fourni des précisions sur ce phénomène.

Tout le massif du Dj. Magou, formé de dolomies, puis de calcaires sans doute liasiques, présente l'allure d'un flanc d'anticlinal droit, dont les couches, légèrement inclinées à l'Ouest-Sud-Ouest dans la partie axiale du massif, arrivent à la verticale dans les rochers dominant Xauen. Au Nord-Est de l'arête du Dj. Magou, ses versants abrupts dominent de leurs 2000^m les éperons de la région d'Ialan, où l'on n'avait encore vu que du Jurassique. En réalité ces éperons, dont l'altitude moyenne est de 1250^m, montrent bien à leur base, dans les ravins profonds qui les séparent l'un de l'autre, la série jurassique, formée de dolomies puis de calcaires massifs couronnés de calcaires roses en dalles du Lias supérieur; mais sur ce niveau vient un

([1]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 245, 424 et 466.

poudingue à grandes Nummulites, suivie du même Flysch rose que j'ai signalé dans le Dj. Aguedem et au Col de Kelaa, où il est Lutétien.

Cette série plongeant au Sud-Ouest disparaît sous la dolomie de base de la masse du Dj. Magou. Vers le Sud, on suit le liséré de Flysch écrasé, qui, après avoir couronné le haut de l'éperon coté 1200, se relève pour rejoindre par le Col de Bab Tizi Mandu, où j'avais déjà signalé ce terrain dans mes Notes antérieures, le Flysch rosé de la dépression de Tisuki.

Vers le Nord, la bande de Flysch rose, accompagnée ou non suivant les points de ses poudingues de base, se relève pour couper obliquement l'éperon d'Afescar; puis elle s'abaisse, suivie par le sentier de Ialan à Talambot jusqu'au versant Nord-Est du Dj. Krar, où elle se perd.

On retrouve des jalons de Flysch au col situé au Sud du Dj. Tanant (cote 1000 de mon schéma, *loc. cit.*, p. 424), où se termine l'affleurement de Paléozoïque des abords de Talambot, puis au Sud-Ouest du Dj. Tanant, enfin aux abords du confluent de l'O. Debon et de l'O. Inal où j'ai noté un peu de Jurassique et de Flysch, séparés des dolomies de base du massif du Magou (s. lat.) par une faille. Un Flysch gréseux peu net, stérile, mais dont les coupes minces sont très différentes de celles du Permo-Trias voisin, est associé au Permo-Trias et au Paléozoïque qui forment l'arête au Sud-Ouest du Dj. Tanant (Dj. Timokra); en beaucoup de points, le Flysch de cette dernière crête semble pincé, sans intercalation de Jurassique, entre le Permo-Trias ou le Paléozoïque de base et le Jurassique couronnant l'arête. Enfin, en face du village de Inimilien à l'Ouest de l'O. Aonzar (O. Farda de mon schéma), on retrouve du poudingue lutétien, solidaire sans doute du Flysch subordonné à l'arête du Dj. Aguedem.

Même sans tenir compte de ces contacts ambigus du Nord, il apparaît donc bien que la masse du Dj. Magou, que je tendais à enraciner sur place, flotte sur le Flysch rose.

La feuille au 1/50000ᵉ s'arrête à l'Est d'Ialan; et je n'ai pu encore entreprendre de levers précis pour chercher où rattacher ce lambeau. Malgré une mauvaise visibilité par suite de la brume, une coupe transversale m'a permis de noter que le Flysch se retrouve, pincé aussi sous les dolomies, dans le massif séparant Ialan de la profonde gorge de l'O. Bu Zlef. Ce Flysch passe à l'Est du massif et affleure largement dans la haute vallée de l'O. Kalaâ [1], puis atteint le fond de la vallée moyenne de l'O. Bu Zlef.

---

(1) Coordonnées : 523/512 sur la carte française au 1/100000ᵉ. Ce Kalaâ se trouve environ 15^{km} à l'ouest du Dj. Kalaâ de Xauen.

Le versant Nord-Est de cette vallée est formé par le puissant massif du Dj. Tazaout; et, sauf des marno-calcaires douteux visibles sous des éboulis vers Azara, je n'y ai encore rien vu qui permette de repérer le passage de cette ligne de contact anormal.

Par contre, si, depuis le fond de la gorge jusqu'au sommet du Col de Ain Tazaout, la série dolomitique puis calcaire et marno-calcaire se suit régulièrement, le haut de la crête, sur une largeur de 1 à 2^{km}, est formé de Paléozoïque reposant soit sur la série jurassique, soit sur des conglomérats nummulitiques et du Flysch rose, par l'intermédiaire d'un peu de cargneule.

Ce témoin est divisé par l'érosion en trois lambeaux, répartis longitudinalement sur 4 à 5^{km}, et formant la cote 1570 et le sommet même du Dj. Tazaout. Au Nord-Est, sous cette masse paléozoïque où prédominent les conglomérats du type de ceux de la « Posicion Federico », on retrouve la série jurassique et nummulitique ployée en un synclinal, dirigé Sud-Sud-Est, déversé à 45° vers l'extérieur et formant le bas des versants orientaux du Dj. Tazaout.

On sait qu'à l'Ouest du Jemis de Beni Selman, la série paléozoïque rifaine est appuyée à 45° environ contre le massif jurassique avec un léger renversement des assises de ce dernier (1). C'est sur le prolongement de ce dispositif que se placent, peu de kilomètres au Nord-Ouest, le témoin et le synclinal déversé du Dj. Tazaout.

Seuls des levers précis, sur la feuille Tazaout qui va paraître, permettront de dire si c'est au témoin supérieur ou à l'imbrication subordonnée enracinée à hauteur de l'O. Bu Zlef que se rattache la série du Dj. Magou.

PÉDOLOGIE. — *Sur la nature et la genèse des paléo-sols du lœss ancien d'Alsace.* Note de M. **Henri Erhardt**, présentée par M. L. Cayeux.

Dans les carrières d'Aachenheim près Strasbourg, on peut observer dans le lœss ancien cinq sols enterrés successifs, remarquables par leur épaisseur ($1^{m},50$ à 3^{m}) et leur couleur noire.

Depuis Schumacher (2) les géologues et les géographes ont assimilé ces

(1) A. Marin, M. Blumenthal et P. Fallot, *Observations géologiques sur le nord-ouest du Rif marocain* (*Bull. Soc. géol. de Fr.*, 4e série, 30, 1930, p. 559-735).

(2) E. Schumacher, *Die Bildung u. der Aufbau des oberrheinischen Tieflandes* (*Mitteilg. Comm. f. geol. Land. Unters. v. Els-Lothr.*, 2, 1890, p. 184-401).

paléo-sols, à cause de leur aspect noirâtre et des fins pores, évoquant les traces radiculaires de graminées, à des tschernoziomes, c'est-à-dire à des formations analogues aux sols noirs de la steppe russe. Cette conception, sans être fausse, ne comporte qu'une part de vérité et doit être complétée.

Il est indubitable que ces sols ont eu la genèse d'un tschernoziome. Ce n'est que la steppe qui peut expliquer, à la fois, l'épaisseur et le caractère fortement humifère du sol par un ensablement lent et progressif, ainsi que l'existence des fins pores, signes évidents de la végétation herbacée.

Mais il est indubitable aussi que la végétation de la steppe a été remplacée par une végétation forestière. Les preuves de cette assertion sont les suivantes : les sols en question montrent toujours, de haut en bas, une division en trois zones distinctes, une zone supérieure A fortement humifère, noirâtre; une deuxième zone B, rouge brun; une troisième zone B^1 marquée par des poupées calcaires. Plus bas vient la roche mère du sol C. Dans la plupart des cas, les couches A et B sont complètement décalcifiées et possèdent une structure polyédrique typique.

Ces caractères morphologiques et chimiques, ainsi que la coupe A-B-B^1-C, sont les signes pédologiques de dégradation forestière. B^1 ne représente pas autre chose qu'une couche illuviale, c'est-à-dire ayant reçu certains apports venant des couches A et B, lesquelles sont dites éluviales. Cette transposition du carbonate de chaux vers le bas et la formation des poupées calcaires s'expliquent par l'action des grosses racines le long desquelles l'eau atmosphérique est drainée, ainsi que par l'action des radicelles absorbantes, lesquelles pompent l'eau et produisent dans tous les sens des appels des solutions du sol vers le lieu de succion.

Il faut savoir qu'un tschernoziome n'est jamais décalcifié, et qu'il présente une coupe A-C (c'est-à-dire un sol homogène et uniforme depuis la surface jusqu'à la roche mère) et une structure grumeleuse tout à fait caractéristique.

Dans les sols d'Aachenheim, le tschernoziome primitif a donc été complètement dégradé et ces sols sont au point de vue des pédologues des sols forestiers.

On peut d'ailleurs préciser que la forêt dont il s'agit était une forêt herbeuse, relativement claire. Le type de sol correspond à ce que les pédologues allemands appellent « Braune Waldböden », c'est-à-dire à un type très différent du type forestier podzolé.

Tous les sols du lœss ancien n'ont pas subi la dégradation forestière au même degré. Il y en a qui ont conservé encore assez nettement les carac-

tères de tschernoziome. Tel est par exemple le cas du troisième sol enterré (en allant de haut en bas). La structure de ce sol est relativement grumeleuse; les différences entre les zones A et B sont peu accusées; il reste dans la zone A encore des quantités appréciables de carbonate de chaux, sous forme de vermiculures blanches (pseudomycélium de calcite). En conséquence de ce fait, les poupées calcaires sont peu importantes en B^1.

L'affirmation de l'existence de forêts succédant à des steppes, basée sur les caractères morphologiques et chimiques du sol, est confirmée par les observations paléontologiques de M. Wernert (¹). On trouve dans ces sols aussi bien des représentants typiques de la steppe et de la prairie, par exemple diverses races d'*Equus caballus*, *Bos primigenius*, *Bos priscus*, que des représentants typiques de la forêt, tels que *Cervus capreolus*, *Cervus elaphus*, *Meles taxus*.

L'observation des sols d'Aachenheim nous conduit encore à la conclusion suivante, c'est que, si la steppe s'est maintenue au cours d'une période d'ensablement lent, il faut au contraire admettre que la forêt a marqué un temps d'arrêt de l'ensablement (autrement on trouverait la forêt ou ses vestiges ensevelis) et que sa disparition est due à des changements climatiques avant que n'ait repris le dépôt du lœss que nous trouvons au « toit » de ces sols.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE ET GÉNIE CIVIL. — *Projet de mise en valeur de la région du Lac Maracaïbo au Vénézuéla*. Note (²) de M. **Gandillon**.

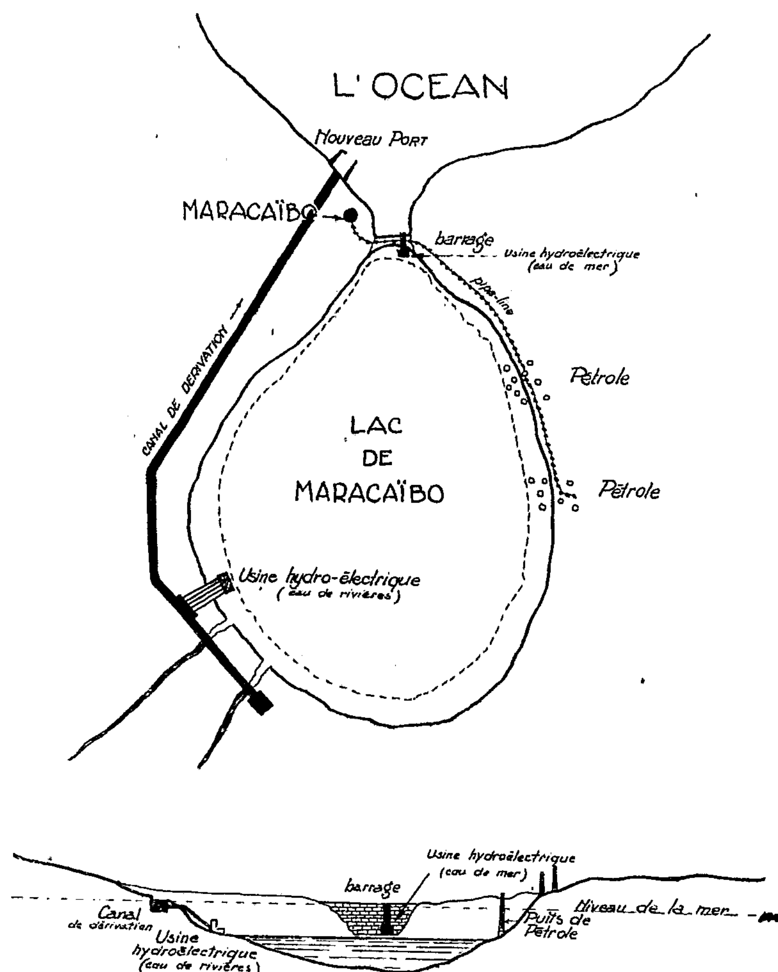
Dans la séance du 6 juillet 1925, M. Imbeaux présentait à l'Académie des Sciences un nouveau procédé d'utilisation de l'énergie solaire que j'avais suggéré pour la mise en valeur de la Palestine au moyen d'une chute à créer entre la mer Méditerranée (cote 0,00) et la mer Morte (cote — 394), la quantité d'eau à envoyer dans celle-ci devant être fonction de l'évaporation naturelle produite par la chaleur solaire sur sa surface.

Ce procédé trouverait une très belle application au lac Maracaïbo : ici, toutefois, la dénivellation est à créer.

(¹) Paul Wernert, *La caractérisation faunistique du lœss ancien* (*Congr. Géol. Int.*, Madrid, 4, 1926, p. 1975-1987).

(²) Séance du 25 janvier 1932.

Le lac Maracaïbo, profond de 250^{m} en son milieu, offre à l'évaporation solaire une surface de 22000^{km^2}; il est relié à la mer par un goulet dont la plus faible largeur est de 6^{km} et dont la profondeur est de 3 à 5^{m}. Sur les rives Est et Sud se trouvent des puits de pétrole dont certains sont



exploités sous une nappe d'eau ayant jusqu'à 12^{m} de profondeur; sur la rive Est, quelques fleuves de débits négligeables se jettent dans le lac, alors que ceux qui y débouchent sur la rive Ouest atteignent un débit total de 300 m^3/sec.

Le projet consiste à détourner jusqu'à la mer les eaux de ces fleuves au moyen d'un canal de dérivation débouchant dans un nouveau port et à

fermer l'entrée du lac par un barrage. Le lac, n'étant plus alimenté par la mer ni par les fleuves, va voir, par suite de l'évaporation solaire, son niveau s'abaisser progressivement; il en résultera la chute à utiliser.

L'énergie sera maximum pour une dénivellation égale au tiers de la profondeur si le lac est conique, soit 83^m. L'expérience montre qu'on peut compter avec ce climat sur une évaporation solaire annuelle d'une tranche de 3^m. La puissance recueillie serait alors de 775 210 ch (de 100^{kgm}); la surface d'évaporation correspondante : 9817^{km^2} et le débit : 934 m^3/sec, pour maintenir la dénivellation de 83^m.

Une pareille chute ne serait atteinte qu'au bout de 28 ans. Mais il est facile de concevoir une exploitation de cette énergie dès la fin de la deuxième année : avec une chute de 6^m et avec ce même débit on disposerait déjà de 56040 ch (de 100^{kgm}).

Il est à remarquer que dans ce cas le plan d'eau du lac s'abaissera plus lentement (puisqu'il recevra 934 m^3/sec. à déduire de son évaporation). La hauteur de 83^m sera atteinte en un temps plus long, mais au lieu de n'avoir qu'une seule chute il y aura intérêt, étant donné le grand débit, à exploiter la dénivellation par tranches successives au moyen d'usines hydro-électriques en échelons. On aura ainsi une source très souple et très puissante d'énergie.

Le canal navigable sera parallèle à la rive Ouest du lac : il aura 220^{km} de long.

Le barrage pour fermer le goulet serait du type barrage poids et aurait 6^{km} de long; il serait surmonté par une route côtière qui permettrait le passage des *pipe lines* pour le transport direct du pétrole dans le port de Maracaïbo, et il serait traversé par la prise d'eau de mer destinée à alimenter l'une des usines hydro-électriques.

On peut évaluer la dépense totale à 670 millions, soit 864^{fr} le ch.

Une fois les ouvrages d'art et les installations hydrauliques terminés, la grande quantité d'énergie obtenue ne coûterait plus rien.

Les utilisations seraient nombreuses :

On pourra traiter les eaux de mer concentrées par l'évaporation solaire pour en retirer tous les sels et, par là, donner naissance à l'industrie électrochimique. Les vastes plaines situées à l'ouest du lac pourront être irriguées avec l'eau des rivières détournées et affectées à l'agriculture. Les 1000^{km} de voies ferrées du pays seront électrifiés. Toutes les industries pourront se développer; le minerai de cuivre et le pétrole seront traités sur place au lieu de l'être à l'étranger; l'industrie textile, puisque le pays produit du

coton, pourra prospérer. Enfin, dernier avantage et non des moindres, les forages sous-lacustres des puits de pétrole se trouveront désormais dénoyés.

PALÉONTOLOGIE. — *Essai d'une nouvelle classification des Ammonoïdés triasiques.* Note ([1]) de M. N. **Arabu**, présentée par M. H. Douvillé.

Les Ammonoïdés montrent pendant le Trias une remarquable floraison, par le nombre des espèces et la très grande variété de forme générale, de taille et d'ornementation. Leur classification laisse encore à désirer. Les caractères utilisés sont assez nombreux : forme générale et mode d'enroulement, ornementation, longueur de la dernière loge, plan de la cloison, développement; le problème posé ne nécessitait donc pas la découverte d'un nouveau caractère, mais plutôt un emploi plus judicieux de ceux que l'on connaissait; un point surtout demandait à être préalablement éclairci : leur importance relative ; il était difficile, en effet, d'arriver à de bons résultats, sans une sériation dans leur valeur respective. Les classifications actuelles ne semblent pas avoir eu suffisamment d'égards pour cette question importante. Ainsi la tribu des *Beleceratea*, admise par Arthaber, est un groupe hétérogène; il renferme bien des genres qui se ressemblent, par leur forme générale très aplatie latéralement, dépourvue d'ornementation, et souvent carénée. Mais la forme générale est un caractère adaptatif et ce groupe contient des formes d'origines très diverses : *Norites* provenant de *Prolecanites; Ussuria*, de *Dimorphoceras; Arthaberites*, de *Gonioloboceras;* ce sont des formes convergentes. De même la division, principale, admise par l'auteur, en microdoma et macrodoma, s'appuie sur un caractère qui varie, parfois dans un seul et même genre ([2]).

Le développement, étudié sur de nombreuses espèces américaines, par P. Smith, pourrait être considéré, comme offrant plus d'avantages, étant donné le fait établi, qu'il est un raccourci de la phylogénie ([3]). En

([1]) Séance du 25 janvier 1932.

([2]) G. Arthaber, *Die Trias von Albanien* (*Beitraege zur Palaeontologie und Geologie Oesterr.-Ungarns*, etc., 24, 1911, p. 174); *Die Trias von Bithynien* (*Ibid.*, 27, 1914, p. 103).

([3]) A. Hyatt et J. Perrin Smith, *Triassic Cephalopod Genera of America* (*U. S. Geol. Surv., Profess. Paper*, n° 40, 1905); J. Perrin Smith. *Upp. Triass. marine Invertebrate Faunas of America* (*Ibid.*, n° 141, 1927, p. 21).

pratique cependant, il est souvent susceptible de plusieurs interprétations; cela à cause du vague des caractères des jeunes et aussi de leur adaptation à des modes de vie différents de ceux des adultes.

Mes études sur les Ammonoïdés triasiques m'ont montré que, de tous les les caractères importants et devant être tous utilisés, le plus stable est la *cloison*. Le fait pouvait être considéré comme établi depuis les études de Mojsisovics, et celles plus récentes de P. Smith, qui ont fait voir la constance du plan de la cloison chez les Haloritidés, les Tropitidés, par exemple, montrant la même conformation générale, depuis le Carbonifère, jusqu'au Trias supérieur. Moi-même ai eu déjà l'occasion de montrer son intérêt pour le g. *Arcestes*, et depuis j'ai obtenu des séries satisfaisantes pour les g. *Meekoceras*, *Beyrichites* et *Carnites* (1). Ayant à envisager l'ensemble des Ammonoïdés du Trias, j'ai reconnu qu'il pourrait être employé comme caractère essentiel; la classification à laquelle il conduit est plus simple et plus souple que les essais actuels; en même temps les différents groupes que l'on peut admettre, correspondent, sauf quelques exceptions, à ceux distingués par les auteurs. En utilisant ce caractère, on arrive aux 18 groupes suivants :

1° *Sagécératidés* (= *Pinacoceratidæ* Smith, *pars* = *Beloceratidæ* Arthaber *pars*); 2° *Noritidés* Arthaber; 3° *Haueritidés* Smith (*pars*); 4° *Thalassocératidés* Smith; 5° *Ptychitidés* Arthaber; 6° *Gymnitidés* Arthaber *pars*; 7° *Pinacocératidés* (= *Pinacoceratidæ* Arthaber, *pars*) 8° *Acrochordicératidés* Arthaber; 9° *Haloritidés* Smith; 10° *Tropidités* Smith; 11° *Popanocératidés* Arthaber; 12° *Arcestidés* (+ *Sphingitidæ* auct.); 13° *Cladiscitidés* Arthaber; 14° *Didymitidés* nouv. groupe; 15° *Cyclolobidés* Arthaber; 16° *Phyllocératidés* (= *Phylloceratoïdea* Smith 1915); 17° *Clionitidés* groupe modifié; 18° *Cératitidés* groupe modifié.

Plusieurs circonstances amoindrissent la valeur du dessin de la cloison :

a. L'aplatissement de la coquille et un rétrécissement de l'ombilic amènent une multiplication des éléments de la cloison dans des divers groupes;

b. Le phénomène de dimérie, de bifurcation des selles, qui apparaît dans des genres différant par leur origine (*Joannites*, *Didymites*, *Cladiscites*);

c. La disposition dite suspensive, où la partie auxiliaire fait un angle avec la principale, et se dispose souvent en un large lobe (*Pinacoceras*, *Gymnites*, *Lytoceras*);

---

(1) N. Arabu, *Contribution au genre* Arcestes Suess (*Comptes rendus*, 178, 1924, p. 643); voir aussi *C. R. Soc. Géol. de France*, 1931, p. 111, 133, 161, 190.

d. Les cas de simplification régressive, et qui n'est pas toujours graduelle.

Ces particularités, qui amènent des convergences, doivent être laissées de côté dans la recherche des affinités; et même dans ces cas, il reste toujours soit dans la ligne enveloppante, soit dans la conformation de détail des éléments, des données suffisantes d'appréciation. Ces faits ne doivent pas être regardés au désavantage de ce caractère mais comme des indications qui, utilisées, conduiront à une interprétation correcte de ces curieuses dispositions, peu connues encore. Le dessin de la cloison n'a pas été utilisé, jusqu'à présent, par les auteurs, mais il a été souvent préconisé; E. Haug a beaucoup parlé en sa faveur. Enfin il nécessite une terminologie particulière, dont Haug a donné, du reste, les premières indications [1]. Il est possible que si les auteurs l'ont laissé de côté, c'est aussi du fait de son apparente inutilité dans la vie de ces organismes. M. Douvillé a cependant noté que ce sont de pareils caractères, pratiquement statifs, qui doivent être utilisés avant les autres [2]; car plus un caractère est utile, plus rapidement il évolue et, de ce fait, il est moins propre à servir de caractère de premier plan.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur un cas d'hérédité unilatérale présenté par le blé.* Note [3] de M. **Joseph Lefèvre**, presentée par M. P. Viala.

Millardet a signalé (après un cas anciennement observé par Gaertner mais resté douteux ou tout au moins mal interprété alors) divers cas manifestes d'hérédité unitatérale survenue dans ses croisements de *Fragaria* appartenant à des types européens et américains [*Note sur l'hybridation sans croisement ou fausse fécondation* (*Mém. de la Société Sc. phys. et nat. de Bordeaux*, 4, 1894)]. Depuis, d'autres exemples du même phénomène ont été signalés sur les végétaux, notamment par Solms-Laubach opérant aussi sur Fraisiers, par Lidforss sur Ronces et par de Vriess qui, dans des croisements effectués par lui entre *Œnothera Lamarckiana* × *Œ. biennis* de diverses lignées obtint exclusivement comme produits des *Œ. biennis* ne présentant absolument aucun caractère d'*Œ. Lamarckiana*.

---

(1) E. Haug, *Les Ammonites du Permien et du Trias* (*Bull. Soc. géol. de France*, 22. 1894, p. 385).

(2) H. Douvillé, *Classification des Lamellibranches* (*Ibid.*, 12, 1912, p. 419).

(3) Séance du 1er février 1932.

Diverses explications de ce phénomène (observé également chez les animaux) ont été proposées, notamment par A. Giard ([1]).

Il ne semble d'ailleurs avoir été signalé jusqu'ici pour les végétaux que dans des croisements assez difficiles entre géniteurs de spéciéité divergente, ou possédant même probablement une constitution hétérozygote permanente (*Œ. Lamarckiana*).

Telles ne paraissent pas être les conditions d'un croisement que uous avons effectué en 1927 entre deux blés tendres (*T. vulgare*) : *K.3 de Schribaux* × *Riéti* (le premier à épis mutique, le second à épis barbu).

Ce croisement a été réalisé par un travail exclusivement personnel à partir de géniteurs contrôlés en culture pédigrée, en observant toutes les précautions d'isolement ou de technique voulues, ici particulièrement requises pour autoriser une affirmation entière ([2]) et en utilisant exclusivement pour féconder les fleurs d'un seul épi castré, le pollen d'un seul épi de l'autre géniteur.

En première génération (F_1) sur 18 plantes obtenues, 17 présentaient le faciès homogène et normal des plantes croisées.

Mais une autre offrait, au contraire, et exclusivement, tous les caractères apparents du blé Riéti ayant servi de père.

Au cours des trois années suivantes, le premier lot de 17 plantes se disjoignit sans présenter aucune particularité.

La descendance de la dix-huitième plante, semée séparément, offrit d'emblée la plus grande homogénéité. Observée comparativement, sous les contrôles d'observation habituels, morphologiques et biostatistiques, avec la lignée de Riéti qui avait servi au croisement, elle continua à montrer à l'égard de celle-ci une identité complète à tous points de vue.

Il s'agit donc bien d'un cas d'hérédité entièrement unilatérale, avec transmission exclusive des caractères paternels, mais observé comme suite à un croisement facile entre variétés, et présentant d'ailleurs la particularité déjà connue de n'avoir porté que sur l'un des individus issus du croisement.

([1]) *Parthénogénèse de la macrogamète et de la microgamète dans les organisations pluricellulaires* (*Cinquantenaire de la Société de Biologie*, 1900, p. 654).

([2]) Notamment isolement de l'épi, dès castration et jusqu'après fécondation sous un étui de papier verni, — après fécondation sous étui de gaze avec double étiquetage intérieur et extérieur; — récolte de l'épi ainsi enveloppé, — égrenage séparé effectué par nous-même au laboratoire, — semis en sol n'ayant pas porté de longtemps des céréales, à l'aide de la planche percée de trous à distances fixes, — lignes intercalaires et fins de lignes semées avec de l'orge.

Il y a lieu de noter au surplus :

a. Que les lignées de K_3 et de Riéti ayant servi au croisement dont il est ici question ont été souvent croisées par nous avec d'autres géniteurs et que ces croisements n'ont donné lieu à aucune anomalie.

b. Que nous avons recroisé en 1930, d'une part ces deux lignées entre elles et, d'autre part, la nouvelle lignée de Riéti, survenue comme il est dit ci-dessus, avec K_3. L'observation des deux F_1 obtenus de ces derniers croisements ne nous a montré ni la reproduction du phénomène, ni aucune différence de caractère entre elles.

ENTOMOLOGIE. — *Sur l'aile postérieure des Coléoptères.* Note de M. **P. Vignon**, présentée par M. L. Bouvier [1].

Comme j'y suis parvenu pour les Diptères (*loc. cit.*, p. 100), je puis aujourd'hui rattacher, morphologiquement parlant, l'aile des Coléoptères à l'aile du terrain houiller que je nomme holoneure, et que je tiens pour primitive. Je connais en effet maintenant la branche postérieure basse, CuA_2, de la cubitale antérieure CuA (je l'avais prise d'abord pour la cubitale postérieure vraie CuP), et je découvre CuP. Les six branches, MA_1, MA_2, MP, CuA_1, CuA_2, CuP de mon système médio-cubital holoneure sont ainsi représentées : mais les branches CuA_2 et CuP ne seront guère observables à la fois.

Voici pour CuA_2 : chez le Mélolonthiné *Polyphylla fullo* L., on voit par transparence une veine étroite naître, de CuA, en deçà de la jonction médio-cubitale J; bientôt étalée en gouttière, elle rejoint la première anale 1 A et la borde; mais CuP n'est ici qu'une rainure sans chitine. Au contraire, chez *Cicindela regalis* Dejean, CuP est un tractus bas manifeste, et c'est de CuA_2 qu'il ne reste presque rien. Chez l'Hydrophile, CuP, bande déprimée noire, finit dans une boucle de 1 A qui l'enserre par le bout : que CuP s'allonge, et la première anale sera coupée (exemple : le Rutéliné *Euchlora viridis* Fabr.) [2]. Notons ceci : les gouttières CuA_2, CuP laissent entre elles une zone haute : que cette zone se chitinise, que la première anale se coupe en même temps de sa base, et 1 A semblera naître de CuA : voir le Copriné *Phanaeus mimas* L., *Trictenotoma Westwoodi* Deyr., le

(1) Voir *Archives du Muséum*, 4, 1929, p. 89-129.

(2) Chez les Coléoptères, la première anale se rapproche de CuA_1, à quoi sa branche antérieure vient s'unir : cela force CuA_2 à border par-devant 1 A et sa branche antérieure, et réduit CuP à une portion basale très courte.

Ténébrionidé *Drocleana chalcoptera* Klug, l'Elatéridé *Pyrophorus punctatissimus* Blanchard, les Buprestes du genre *Sternocera*, le Cantharidé *Lycus constrictus* Fåhr., etc.

Observons ma « médiane postérieure vraie MP ». Sa portion distale est coupée de la rainure de base, souvent absente d'ailleurs [1]. Cette portion distale s'unit à MA_2 et à CuA_1 par des transverses : la postérieure, $MP - CuA_1$, n'étant plus, chez les Buprestes, qu'une fine trachée, venue de CuA_1. Quand la tige distale, qui va se détruisant du pied, ne dépasse plus basalement la transverse $MA_2 - MP$, la veine MP semble naître de MA_2 : voir *Lycus constrictus*, l'Elatéridé *Tetralobus cavifrons* Fairm., beaucoup de Cérambycidés, les Chrysomélidés *Oides bipunctata* Fabr., *Sagra Mouhoti* Baly, l'Hydrophile, le Bostriche *Apate terebrans* Pallas, le Charançon *Lixus Kolbei* Faust, les Adéphages : mais le Carabe *Calosoma sycophanta* L., surtout, garde une cicatrice, vestige de la partie tombée. La régression de MP entraîne la chute des transverses, puis s'accentue : voir le Lamiaire *Acrocinus longimanus* L., *Lucanus cervus* L., les Hannetons, les Cétoines, le Scarabéidé *Xylotrupes gideon* L., le Brenthidé *Eutrachelus Temmincki* Latr., etc. Sauf la base, le Charançon *Rhynchophorus palmarum* L. aurait presque tout perdu de MP, si, chez l'insecte 165 du Muséum, de minces trachées ne restituaient soudain l'épanouissement distal et les tranverses.

Les branches du secteur Rs de la radiale n'existent plus en général que distalement. Mais observons *Tetralobus cavifrons*, par-dessous. Rs naît très basalement, par un pli chitinisé; puis il se fait postérieurement un pli qui devient R_{4+5}, après s'être joint a MA_1 par une transverse. R_{2+3} se perd d'abord dans la chitine répandue derrière R_1; mais, à la première transverse $R_1 - R_{2+3}$, la branche R_{2+3} se reforme, en laissant pointer basalement une cicatrice. Même naissance tout à fait proximale de Rs et de R_{4+5} chez le Cupédidé *Omma Stanleyi* Newm., R_{2+3} y sort aussi de ce qui n'est qu'une transverse. Chez *Cupes Raffrayi* Fairm., la transverse proximale $R_{2+3} - R_{4+5}$ porte un talon, reste probable de la tige R_{2+3}.

Sauf chez les groupes (Silphidés, Staphylinidés, Charançons, Brenthidés, etc.) qui laissent le bout de l'aile intact et long, un pincement des veines apicales a résulté du ploiement transverse de l'aile. Il s'est fait de deux façons. Chez les Scarabéides, R_1 n'y prend point part, les gouttières

[1] L'aile à demi ouverte d'un Bupreste de l'espèce *Sternocera æquisignata* Saund. montre un tractus basal MP, empêché, par des plis hauts, d'atteindre la tige distale; voilà qui pourrait expliquer la coupure.

R_{2+3} et R_4 rejoignent l'axe, symétriquement, en étranglant la côte intercalaire axiale, R_5 continuant de border $MA_1 a$. Et voici une variante : chez *Scarabaeus sacer* L., la côte axiale s'étant fixée à R_1 au point de plicature, la traction a provoqué, sur l'arrière de cette côte, la naissance d'un rameau, que R_4 vient border sans atteindre la côte elle-même. Second mode de pincement : chez les Cérambycidés que j'ai vus, chez des Chrysomélidés tels que l'*Oides bipunctata* et *Sagra Mouhoti*, la gouttière R_{2+3} tombe sur $MA_1 a$ par une courbe en S, coupe la côte axiale, écrase R_{4+5}, puis remonte obliquement. Souvent une cicatrice, assez longue chez *Cerambyx cerdo* L., prouve que la côte axiale partait ici, jadis, de la transverse $R_{2+3} - R_{4+5}$. Il en est encore ainsi chez les Cupédidés cités plus haut, où le pincement n'a pas eu lieu. Dans ce second grand groupe (Cupédidés compris) R_1 subit, passé le point de plicature, un fléchissement qui le disloque. Les Adéphages compliquent encore les choses. Et je ne parle pas cette fois des groupes qui réduisent le bout de l'aile à un moignon.

PHYSIOLOGIE. — *Variations, au cours du scorbut aigu expérimental, des quantités de sodium et de potassium éliminées par les reins et présentes dans le sérum sanguin et le sang total.* Note de Mme **L. Randoin** et Mlle **A. Michaux**, présentée par M. E. Leclainche.

Après avoir constaté que, chez le Cobaye, l'usage d'un régime scorbutigène déterminait une rétention chlorurée, avec diminution considérable de l'élimination du chlore et augmentation du taux du chlore dans le sérum sanguin [1] et surtout dans le tissu musculaire [2], [3], nous avons voulu savoir quelles étaient, parallèlement, les variations que présentaient le sodium et le potassium.

Technique. — Nous avons opéré, d'une manière comparative, avec trois lots de Cobayes mâles recevant : les uns, un *régime naturel* (lot I); d'autres, un *régime artificiel complet* qui est le régime scorbutigène de L. Randoin complété par 2 à 3$^{cm^3}$ de jus de citron frais par animal et par jour (lot II); d'autres, enfin, ce *même régime*, mais sans jus de citron, c'est-à-dire *sans vitamine antiscorbutique* (lot III) [4].

---

(1) Mme L. Randoin et Mlle A. Michaux, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1378.

(2) Mme L. Randoin et Mlle A. Michaux, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 108.

(3) Mlle A. Michaux, *Bull. Soc. Sc. Hyg. alim.*, 19, 1931, p. 117.

(4) Régime scorbutigène de L. Randoin, composé comme suit : farine de haricots blancs, 83,5; levure de bière sèche, 3; graisse de beurre, 5,5; lactate de calcium, 5; chlorure de sodium, 1; papier filtre, 2 (*Bull. Soc. Chim. biol.*, 5, 1923, p. 806).

Jours d'expérience.	Volume des urines en 24 h. (gr.)	Sodium éliminé en 24 h. (gr.)	Potassium éliminé en 24 h. (gr.)	Sodium p. 1000$^{cm^3}$ de sérum. (gr.)	Potassium p. 1000$^{cm^3}$ de sérum. (gr.)	Sodium p. 1000^{g} de sang total. (gr.)	Potassium p. 1000^{g} de sang total. (gr.)
	Cobayes recevant le régime naturel (lot I).						
	57,3	0,038	0,822	2,682	1,793	–	–
	112,0	0,162	0,653	–	–	–	2,199
	184,9	0,066	1,359	–	–	1,695	1,682
	99,2	0,028	0,778	3,257	–	1,835	2,146
	88,2	0,014	0,752	2,859	1,116	1,592	2,191
	28,3	0,038	0,336	2,977	1,829	1,668	1,993
	50,5	0,052	0,442	3,025	1,894	2,076	1,936
	63,8	0,039	0,521	–	1,698	1,784	2,115
Moy.	85,5	0,055	0,708	2,960	1,666	1,775	2,037
	Cobayes recevant le régime artificiel complet à 1 *pour* 100 *de* NaCl (lot II).						
19–20^{e}	52,5	0,107	0,389	–	–	–	2,065
24–25^{e}	45,0	0,063	0,353	2,925	1,959	1,731	2,093
25–26^{e}	63,4	0,120	0,524	–	–	2,039	2,047
29–30^{e}	61,7	0,090	0,407	3,236	1,600	–	–
33–34^{e}	26,0	0,030	0,390	3,117	2,090	1,590	2,154
37–38^{e}	30,2	0,116	0,628	–	–	1,756	1,937
38–39^{e}	77,1	0,123	0,433	2,964	1,829	1,397	2,025
55–56^{e}	36,9	0,070	0,393	–	–	1,511	2,078
Moy.	49,1	0,090	0,440	3,060	1,869	1,670	2,057
	Cobayes recevant le régime privé de vitamine antiscorbutique (lot III).						
	a. Régime scorbutigène renfermant 1 pour 100 de NaCl. (Symptômes graves : période prémortelle.)						
	18,9	0,017	0,232	3,292	–	2,132	1,921
	–	–	–	3,249	1,116	–	–
	14,5	0,013	–	3,323	–	–	–
	10,7	0,030	0,149	–	–	2,046	1,625
	12,6	–	0,106	–	2,025	–	1,504
	5,6	–	0,090	3,008	1,959	–	1,514
	8,7	0,005	–	3,120	–	–	–
	3,6	–	0,037	–	1,959	–	1,540
	4,6	–	0,113	–	1,894	–	1,503
	3,1	0,003	0,094	3,267	–	–	–
	0,5	–	–	–	2,025	–	1,411
Moy.	8,3	0,014	0,117	3,210	1,829	2,089	1,574
	b. Régime scorbutigène renferment 1^{g},50 de NaCl. (Symptômes graves : période prémortelle.)						
	11,7	0,006	–	3,402	1,959	2,589	1,487

Les dosages de sodium ont été effectués par la méthode de A. Blanchetière (1) modifiée par M. Laudat (2), le sodium étant dosé à l'état d'acétate triple d'uranium, de magnésium et de sodium.

Le potassium a été précipité, selon le procédé de B. Kramer et F. Tisdall (3) à l'état de nitrite sodico-cobaltico-potassique, l'acide nitreux étant dosé finalement par le permanganate de potassium.

Le sang utilisé chaque fois pour les deux dosages a été prélevé, par ponction cardiaque, sur deux ou trois Cobayes. Les résultats groupés dans le tableau représentent donc déjà des moyennes.

Résultats et conclusions. — I. L'urine des Cobayes recevant le *régime naturel* renferme, en 24 heures, $0^g,05$ de sodium en moyenne et une quantité relativement élevée de potassium, soit $0^g,71$ en moyenne. Dans le sérum de ces Cobayes, les teneurs moyennes sont : $2^g,96$ pour le sodium et $1^g,66$ pour le potassium, tandis que, au contraire, dans le sang total, les taux oscillent autour de $1^g,77$ pour le sodium et autour de $2^g,04$ pour le potassium.

II. Chez les Cobayes normaux recevant le *régime artificiel complet*, il ne se produit des variations très nettes qu'en ce qui concerne l'excrétion urinaire : le sodium éliminé en 24 heures augmente ($0^g,09$ au lieu de $0^g,05$), tandis que, inversement, la quantité de potassium diminue ($0^g,44$ au lieu de $0^g,71$).

III. Mais, lorsque les Cobayes sont *privés exclusivement de vitamine antiscorbutique*, le volume des urines devenant extrêmement réduit, les quantités de sodium et de potassium éliminées diminuent parallèlement dans de fortes proportions. Cependant, les teneurs en sodium tendent à s'élever dans le sang : $3^g,20$ pour 1000 en moyenne dans le sérum et $2^g,10$ dans le sang total. Dans ce dernier, il y a une diminution nette du taux de potassium : $1^g,57$ au lieu de 2^g pour 1000. Le sérum contient alors, pour 1000^{cm^3}, plus de potassium que le sang total. Les hématies étant normalement plus riches en potassium que le sérum, l'appauvrissement du sang total en cet élément est à rapprocher du fait que le nombre des globules rouges diminue considérablement à la fin du scorbut aigu, ainsi que nous l'ont montré de nombreuses numérations globulaires effectuées au cours de cette avitaminose C.

---

(1) A. BLANCHETIÈRE, *Bull. Soc. chim.*, 33, 1923, p. 807.

(2) M. LAUDAT, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 10, 1928, p. 757.

(3) B. KRAMER et F. TISDALL, *Journ. of biol. Chem.*, 46, 1921, p. 339.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'absorption des radiations calorifiques par les ailes des Lépidoptères.* Note de MM. **Paul Portier** et **Frank Emmanuel**, présentée par M. L. Bouvier.

On sait que les ailes des papillons sont formées de deux lames chitineuses adossées recouvertes d'écailles imbriquées. Ce sont ces écailles qui produisent ces dessins si variés, ces colorations qui font notre admiration.

Nous avons été amenés par diverses considérations à rechercher si, en dehors de leur caractère ornemental, ce revêtement des membranes alaires ne possédait pas un rôle physiologique.

Les radiations lumino-calorifiques produites par une lampe à boule de tungstène sont reçues sur un écran opaque percé d'une ouverture de petit diamètre. Ce faisceau émergeant tombe sur une lentille qui concentre ces radiations sur une pile thermo-électrique placée à son foyer. Cette pile thermo-électrique est en relation avec un galvanomètre sensible.

On note la déviation du galvanomètre sous l'influence du faisceau lumino-calorifique. On applique ensuite sur l'ouverture du diaphragme une région déterminée de l'aile d'un Lépidoptère. Une partie des radiations est absorbée, la déviation galvanométrique donne une valeur plus faible. On obtient ainsi tous les éléments du calcul qui permet de déterminer la proportion des radiations absorbées [1] par la région de l'aile étudiée.

Un assez grand nombre de Rhopalocères et d'Hétérocères ont été examinés. Voici les principaux résultats obtenus :

1° Les ailes épaisses des gros Hétérocères (*Saturnia*) peuvent absorber la presque totalité des radiations calorifiques émises par la source employée.

Les ailes des Rhopalocères (Vanesses) absorbent de 70 à 95 pour 100 des radiations.

2° En comparant les ailes intactes et les mêmes ailes dépouillées de leurs écailles, on démontre le pouvoir absorbant considérable des écailles. Ainsi, pour une *Vanessa Atalanta*, les écailles seules absorbent 70 pour 100 des radiations retenues, la double membrane chitineuse n'absorbant que 30 pour 100.

Chez les gros Hétérocères (*Catocala*), la membrane de chitine alaire est plus épaise, et retient à elle seule environ la moitié des radiations.

3° Les diverses régions des ailes ont des pouvoirs d'absorption très

---

[1] Nous ne distinguons pas, dans cette première étude, entre les radiations absorbées et celles qui peuvent être réfléchies, diffusées, etc.

différents. Ainsi, chez *Vanessa Atalanta*, la bande rouge des ailes supérieures absorbe 84 pour 100 des radiations; la base noire 94 pour 100, et la pointe de l'angle apical 98 pour 100 des radiations.

Chez *Parnassius apollo*, à l'aile supérieure, le bord externe n'absorbe que 75 pour 100 des radiations, et la tache noire 95 pour 100.

A l'aile inférieure, le bord externe absorbe 67 pour 100 et la tache rouge 93 pour 100.

Chez certaines espèces qui présentent des taches ou des ocelles dépourvues d'écailles, ou constate des différences encore plus considérables. Ainsi, chez *Antherea pernyi*, la région de la côte absorbe 95 pour 100 des radiations, l'angle apical 91 pour 100, et la tache ocellée transparente seulement 20 pour 100.

Étant données ces différences d'absorption des diverses plages de l'aile, il est évident que, chez un papillon exposé au soleil, il existe entre les diverses taches des différences de température importantes. Celles-ci, à leur tour, doivent entraîner une circulation des liquides de l'aile et surtout des gaz contenus dans les trachées.

MICROBIOLOGIE. — *La réaction de Weil-Félix dans la fièvre boutonneuse.* Note de M. **Paul Durand**, présentée par M. E. Roux.

Les recherches sur l'agglutination des *Proteus* du type X dans la fièvre boutonneuse (autrement et à tort dite aussi fièvre exanthématique de Marseille) ont été jusqu'ici assez peu nombreuses en France.

Plusieurs auteurs arrivent à nier l'existence de la réaction de Weil-Félix dans la maladie. Olmer, Burnet et Olmer n'ont montré que de façon inconstante une réaction positive, dont ils n'acceptent pas eux-mêmes sans réserves la valeur. Les résultats positifs, obtenus à Toulon par Plazy, concernent une maladie différente, forme du typhus exanthématique vrai, transmise du rat, réservoir de virus, à l'homme par les parasites du rongeur. Combiesco, en Roumanie, considère comme établi que la réaction de Weil-Félix n'existe pas dans la maladie boutonneuse.

Des réactions positives ont été, par contre, rencontrées à Rome avec une grande fréquence par Pecori, mais l'identification n'est pas encore faite, de façon certaine, entre la fièvre boutonneuse et la maladie de Rome, que la majorité des auteurs italiens considèrent comme maladie de Brill.

J'ai pratiqué la réaction de Weil-Félix aussi souvent que cela m'a été

possible chez huit[1] individus, atteints de l'affection naturelle en Tunisie, et chez 13 malades mentaux, soumis à la pyrétothérapie boutonneuse (inoculés soit avec du sang de malade, soit avec des Rhipicéphales broyés ou d'autre matériel virulent). Chez deux de ces sujets, le virus était de provenance marseillaise; chez les autres, de provenance tunisienne.

Le pouvoir agglutinant du sérum a été essayé sur les couches de *Proteus* OX 19, OX 2, OXK, HXK, en prenant toutes précautions pour qu'il ne se produise aucune modification dans le type des souches au cours des cultures.

Les agglutinations ont été appréciées à l'œil nu, après séjour de 2 heures à 37°, puis jusqu'au lendemain, à la température du laboratoire.

Résultats globaux. — Tous les malades ont, à un moment donné, agglutiné au moins un des *Proteus* employés, à une dilution égale ou supérieure à 1/100e, sauf l'un d'eux dont le taux d'agglutination passa de moins de 25, avant l'infection, à 50, au cours de la convalescence.

Les taux maxima obtenus furent 1/50e pour 1 malade, 1/100e pour 5, 1/200e pour 4, 1/400e pour 3, 1/800e pour 3, 1/1600e pour 4 et 1/3200e pour 1.

Ces résultats acquièrent d'autant plus de valeur qu'un certain nombre de sujets, chez qui l'inoculation de matériel virulent (sang, tiques, etc.) avait échoué, ne montrèrent, par la suite, aucune augmentation de leurs agglutinines.

En règle générale, le taux maximum d'agglutination est en rapport avec la durée et l'intensité de la maladie. Cependant, dans un cas considéré comme fièvre inapparente, l'agglutination, quoique assez faible, fut plus élevée que dans un cas avec fièvre.

La réaction débute rarement en fin de maladie, beaucoup plus souvent dans la première semaine ou les dix premiers jours de la convalescence. Il a fallu attendre une fois le 26e, une autre fois le 36e jour de l'apyrexie pour obtenir un résultat positif. La précocité, l'ampleur et la durée de la réaction vont, en général, de pair. La durée peut aller de quelques jours à plus de deux mois. Le taux de l'agglutination est, en moyenne, bien inférieur à ce qu'il est dans le typhus exanthématique épidémique, de même que la date d'apparition en est beaucoup plus tardive.

Le singe, inoculé de virus boutonneux, peut, comme l'homme, faire une réaction de Weil-Félix positive (deux observations avec 100 et 200 pour OX 19).

---

(1) Sur un petit nombre de malades, la réaction de Weil-Félix a été pratiquée avec la collaboration du Dr Kuczinsky et de Mlle Hohenadel.

Résultats suivant les souches employées. — Seules les souches OX 19 et OX 2 peuvent être agglutinées; OXK et HXK ne le sont jamais par des sérums de boutonneux. Chez certains malades, la réaction est positive seulement avec OX 19 ou elle l'est à un taux beaucoup plus élevé qu'avec OX 2. Par exemple, on a comme maxima : + 1600 pour OX 19, + 100 pour OX 2 ou bien + 3200 pour OX 19, — 25 pour OX 2. Le sérum d'autres malades, par contre, agglutine OX 2 et OX 19 à des taux assez voisins ou même OX 2 à un taux très supérieur (par exemple on obtient ± 50 pour OX 19, + 1600 pour OX 2, ou bien + 100 pour OX 19, + 100 pour OX 2).

L'agglutination de la souche OX 2 au cours de la réaction débute un peu plus lentement que celle de OX 2 Quand on suit un même malade, on constate que l'apparition dans son sérum des agglutinines pour OX 2 est souvent précédée par une onde faible et transitoire d'agglutinines pour OX 19. Les agglutinines pour OX 2 durent souvent moins longtemps que celles qui agissent sur OX 19. Bien que le nombre des malades examinés et dont la filiation du virus était connue fût trop faible, il a semblé que certains virus produisent plus volontiers une réaction avec OX 19, d'autres avec OX 2.

Sensibilité au formol. — Les agglutinines, mises en jeu dans la réaction de Weil-Félix au cours de la boutonneuse, sont celles qui correspondent à la forme microbienne O; elles possèdent la sensibilité au formol, démontrée récemment par Olitzki pour les agglutinines de la réaction de Weil-Félix au cours du typhus exanthématique, c'est-à-dire qu'elles sont détruites en 24 à 48 heures si l'on traite le sérum, dilué au 1/4, par 1 pour 100 de formol.

Action d'une réinoculation de virus boutonneux. — Quatre malades qui avaient subi une première fièvre boutonneuse thérapeutique ont subi environ, un mois après la fin de leur première atteinte, une réinoculation avec du sang infectieux, sans autre résultat qu'une augmentation très légère et transitoire de leurs agglutinines.

Conclusion. — La fièvre boutonneuse doit être rangée parmi les maladies qui donnent régulièrement une réaction de Weil-Félix positive. Celle-ci y est tardive et plus faible que dans le typhus. Souvent positive avec la souche OX 19, elle peut être positive avec la souche OX 2 seule ou à des degrés divers avec les deux souches.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'individualité hormonale de la vagotonine.* Note (1) de M. D. Santenoise, présentée par M. A. Desgrez.

Dix années de recherches portant sur un grand nombre d'expériences nous ont permis d'établir qu'à côté de l'insuline le pancréas sécrète une seconde hormone que nous avons appelée vagotonine.

Une minutieuse étude nous a permis de réunir un important faisceau de propriétés biologiques, chimiques et physico-chimiques, qui nous paraissent constituer autant de preuves de l'individualité hormonale de la vagotonine.

I. *Preuves du caractère hormonal de la vagotonine.* — Nous avons établi antérieurement par des expériences d'ablation et de transfusion le caractère hormonal de la sécrétion interne vagotonisante du pancréas (Garrelon, Le Grand et Santenoise). Nous avons pu de plus extraire du pancréas (Pénau et Santenoise) une substance, la vagotonine, qui présente à des doses infinies les mêmes propriétés vagotonisantes que le sang efférent du pancréas.

II. *Preuves de l'individualité de la vagotonine.* — La vagotonine est bien une hormone nouvelle, nettement individualisée.

A. Ses propriétés physiologiques ne peuvent être attribuées à des impuretés, telles que la choline ou ses dérivés, l'histamine, etc. Il suffirait, pour réfuter cette objection, de se reporter aux techniques de préparation de la vagotonine. De plus la réaction de Florence est négative. Enfin la choline, l'histamine exercent sur les vagues et les organes innervés par ces nerfs des actions bien différentes de celles exercées par la vagotonine. La vagotonine paraît surtout agir sur les centres parasympathiques, tandis que les substances précitées agissent sur les articulations synaptiques et les tissus d'innervation parasympathique.

B. La vagotonine ne présente non plus rien de commun avec les substances hypotensives retirées par Gley et Kisthinios de certains extraits pancréatiques : jamais l'injection intraveinense de doses même très élevées de vagotonine n'est suivie de chute immédiate de la pression artérielle. De plus la vagotonine possède un pouvoir hypoglycémiant propre que ne possèdent pas les substances hypotensives extraites du pancréas.

C. *La vagotonine est uue hormone différente de l'insuline.* — L'individualité de la vagotonine nous paraît à cet égard bien établie sur une série de caractères différentiels biologiques, chimiques et physico-chimiques.

---

(1) Séance du 1er février 1932.

Caractères différentiels physiologiques. — *a.* L'injection de la vagotonine est généralement rapidement suivie d'une augmentation de l'excitabilité réflexe vagale (R. O. C. et réflexe de Cyon) et d'un ralentissement du rythme cardiaque.

L'injection d'insuline bien purifiée n'est jamais rapidement suivie d'une augmentation de l'excitabilité ou du tonus vagal. Au contraire, on note souvent une diminution rapide du R. O. C. et quelquefois une certaine accélération du rythme cardiaque.

L'action vagotonisante obtenue avec certaines insulines (Garrelon et Santenoise) est due à une purification insuffisante et à la présence de vagotonine (Garrelon, Santenoise, Fuchs et Vidacovitch).

b. L'administration de vagotonine est toujours suivie, chez l'animal, dont le vague a répondu à la vagotonine d'un enrichissement du foie en glycogène (Santenoise, Verdier et Vidacovitch).

L'administration d'insuline proprement dite est généralement rapidement suivie d'un appauvrissement du foie en glycogène (Mac Cormick et Macleod, Dudley et Marrian, Laufberger, Bodo et Marks, Bürger et Cramer, Cori, Collins et Murlin, Rathery et Kourilski, etc.).

Les résultats d'enrichissement du foie en glycogène, à la suite d'administration d'insuline, paraissent devoir être attribués soit à la présence de vagotonine dans les extraits utilisés, soit à un accroissement de la vagotonie lié à des phénomènes secondaires (action tardive).

c. L'action hypoglycémiante de la vagotonine ne se manifeste que chez les animaux dont les vagues sont intacts et ont répondu à l'action vagotonisante de l'hormone.

L'action hypoglycémiante de l'insuline, au contraire, se manifeste indépendamment de l'activité fonctionnelle vagale : elle est souvent plus accentuée (probablement par suite de la disparition de la réserve glycogénique hépatique) chez les animaux à vagues coupés.

d. L'action hypoglycémiante de la vagotonine bien désinsulinée est généralement progressive et d'assez longue durée, mais dépassant rarement la limite (0,60) compatible avec l'exercice normal des fonctions organiques.

L'action hypoglycémiante de l'insuline est rapide, intense, mais d'assez courte durée chez les animaux en bon état de nutrition, à réserves hydracarbonées normales.

e. La vagotonine renforce considérablement, chez les animaux à vagues répondant à son action vagotonisante, le pouvoir hypoglycémiant de l'insu-

line, alors qu'elle est inactive chez les animaux à vagues coupés ou atropinisés ou réfractaires.

f. Les caractères et l'intensité de l'action physiologique de l'insuline paraissent assez étroitement liés à la dose administrée, tandis qu'il ne semble pas en être exactement de même pour la vagotonine : une fois un certain seuil, variable suivant les animaux, atteint, l'accroissement des doses de vagotonine ne semble pas suivi de l'accroissement de l'intensité de l'action vagotonisante ou hypoglycémiante, mais seulement de sa durée.

Les caractères individuels des sujets, l'état humoral et l'état fonctionnel des centres nerveux paraissent conditionner la réponse à la vagotonine, beaucoup plus que la quantité d'hormone administrée.

g. L'administration de la vagotonine par voie entérale (duodénum ou rectum) est efficace, suivie d'une augmentation du R. O. C., d'un ralentissement du rythme cardiaque et d'une diminution du taux de la glycémie, alors qu'il est admis par la plupart des auteurs que l'insuline administrée par voie digestive est inefficace.

Caractères différentiels chimiques et physico-chimiques. — *a*. La vagotonine est peu soluble dans l'alcool à 80°, alors qu'à ce titre la solubilité de l'insuline est considérable; après lavages d'extraits pancréatiques par l'alcool neutre ou acide à 80°, l'insuline se retrouve dans le liquide et la vagotonine dans les culots de centrifugation.

b. La vagotonine, en solution aqueuse, ne paraît précipiter qu'en présence de traces d'électrolytes, alors qu'en solution aqueuse, l'insuline précipite régulièrement au point iso-électrique.

c. Les sels neutres précipitent l'insuline et la vagotonine à des concentrations différentes. On peut ainsi, par des précipitations fractionnées successives, séparer les deux hormones.

d. L'insuline traverse aisément les bougies de porcelaine, même assez dures, tandis que la vagotonine est, en majeure partie, retenue. Il en va de même pour les passages sur ultra-filtres.

e. La vagotonine résiste à un contact prolongé (14 heures) avec de la soude décinormale, alors qu'aux mêmes températures l'insuline purifiée est détruite ou inactivée par des contacts dépassant 3 heures (Dudley, Freudenberg, Witzemann, etc.).

Ces diverses propriétés physiologiques, chimiques et physico-chimiques nous autorisent à conclure à l'individualité hormonale de la vagotonine.

CHIMIE MÉDICALE. — *La liposélection des cations, méthode nouvelle en hydrologie expérimentale.* Note de MM. **M. Loeper** et **A. Mougeot**, présentée par M. Ch. Achard.

L'hydrologie médicale rendue expérimentale par Fleig et Billard (1904) s'est enrichie depuis de la protection contre une dose mortelle de neurotoxine ou pouvoir phylactique de Billard (1926), confirmée par Dodel, Maurice Perrin et Cuénot, etc.; de la protection contre le choc anaphylactique au moment de l'injection déchaînante chez un animal dûment sensibilisé (Billard, 1913) et du pouvoir zymosthénique étudié par nous-mêmes avec Courbin, Aubertot (1925).

On en est encore réduit malheureusement aux hypothèses quant à la nature de l'élément actif dans un milieu aussi complexe que les eaux minérales. Cependant, des travaux de Billard, Jean Laville, Mougeot, Aubertot (1) et des nôtres sur les modifications profondes que le pouvoir phylactique vis-à-vis des toxines et toxiques à affinités nerveuses subit par addition de divers savons sodiques, on peut tirer tout un ensemble de faits concordants qui nous aident à résoudre le problème.

Voici les faits résumés aussi brièvement que possible.

Une même proportion d'un savon sodique est ajouté à un volume constant d'eau minérale : il se produit un abaissement très marqué de la tension superficielle si l'eau minérale ne contient guère que des cations monovalents, ou si sa minéralisation est faible; il ne s'en produit aucun si l'eau minérale est riche en cations bi- ou plurivalents.

Il survient encore un abaissement dès que, dans une eau riche en cations bi- et plurivalents, on augmente l'addition d'acide gras de façon à dépasser la quantité suffisante pour précipiter ces cations à l'état de savons insolubles. C'est ce moment que Billard et Laville ont appelé « le point de floculation ».

Une technique analogue appliquée à l'étude des propriétés biologiques

---

(1) Jean Laville, *Modifications des propriétés phylactiques des eaux minérales par les savons, et réciproquement de celle des savons par les eaux minérales* (*Thèse de Doctorat en Pharmacie*, Toulouse, 1929, Impr. Henri Cledes, 28, rue de la Pomme); A. Mougeot, *Soaps and mineral waters* (*Archives of medical Hydrology*, *mai*, 8, 1920, p. 344); A. Mougeot et V. Aubertot, *Action des savons sur le pouvoir phylactique des eaux minérales* (*Bull. de l'Académie de Médecine*, 105, XIV, 14 avril 1931, p. 643).

des eaux minérales apparaît nouvelle et féconde. En effet une eau dont le pouvoir phylactique est patent, c'est-à-dire dont l'injection intra-péritonéale préserve l'animal (rat, souris, cobaye) contre une dose mortelle et hypodermique d'un poison, et le met à l'abri de tout accident toxique, n'a plus les mêmes qualités lorsqu'on a préalablement précipité sous forme de savon les cations bi- et plurivalents; elle a perdu son pouvoir phylactique. Celui-ci est donc dû aux cations retenus sur le filtre. Pour que l'expérience réussisse, il faut utiliser des acides gras divers qui varient avec le toxique et l'eau minérale et l'on obtient ainsi une véritable sélection des cations efficients. C'est ainsi que vis-à-vis de la picrotoxine les cations actifs se retrouvent sous forme de précipité à base oléique et non palmitique.

Malheureusement l'acide gras optimum ne peut être toujours exaclement fixé, pas plus que la nature des cations efficaces, et nous pensons que des analyses pondérales et spectroscopiques ou spectrophotographiques nous renseigneront dans l'avenir sur ce point. La redissolution du précipité ne nous a pas encore permis de retrouver le pouvoir phylactique, en raison de la nocuité des solvants employés.

D'ores et déjà la méthode de la sélection des cations à l'aide de la lipiprécipitation semble capable de déterminer non seulement les ions efficaces en matière toxiphylactique ou préservatrice du choc anaphylactique, et aussi en matière zymosthénique. Elle nous parait constituer un apport précieux en hydrologie médicale.

A 15h35m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h10m.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 FÉVRIER 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** exprime, au nom de l'Académie, son émotion au sujet de l'état grave de la santé de M. **G. Ferrié** et lui adresse ainsi qu'à sa famille l'expression de sa vive sympathie.

M. **Ch. Lallemand** fait hommage à l'Académie d'un volume qu'il a publié en collaboration avec M. E. Prévot : *Le Nivellement général de la France de* 1878 *à* 1926.

NOMINATIONS.

MM. **Ch. Richet**, **P. Dangeard** et **P. Janet** sont désignés pour représenter l'Académie, avec MM. **L. Lecornu**, **L. Guillet** et **Ch. Maurain**, précédemment nommés, à la célébration du *Cinquième centenaire de l'Université de Caen*.

ÉLECTIONS.

M. **Bernhard Bang** est élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale par 41 suffrages contre 2 à M. *Costantino Gorini* et 1 à M. *Erich Tschermak*. Il y a un bulletin nul.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Bernard Faÿ, *Benjamin Franklin*. Tomes I, II, III.

GÉOMÉTRIE. — *Points de contact d'une courbe algébrique et de son enveloppe.* Note (¹) de M. **Bertrand Gambier**.

1. La courbe algébrique plane de degré m, C, d'équation $C(x, y, \lambda) = 0$ est supposée dans ce qui suit *dépourvue de points singuliers* (*sauf pour des valeurs isolées de* λ); elle touche son enveloppe en m^2 points limite découpés sur elle par la courbe $C_1 = 0$, obtenue en dérivant C en λ. Si l'un de ces points limite L est *constamment* (*sauf pour quelques valeurs isolées de* λ) *la réunion de q points limite*, le lieu E de L est une portion de l'enveloppe de C, commune aussi aux enveloppes des courbes $C_1, C_2, \ldots, C_{q-1}$ obtenues par dérivations successives; E a en L avec $C, C_1, C_2, \ldots, C_{q-1}$ un contact d'ordre $q, q-1, q-2, \ldots, 1$.

2. Ces résultats classiques rappelés, on peut, à volonté, pour $m = 2$, obtenir un nombre de points limite *distincts* égal à 4, 3, 2, 1. Le cas du point limite unique s'obtient avec une courbe E *arbitraire* et la conique ayant, en un point arbitraire de E, un contact d'ordre 4 avec E. Le cas de deux points limite, chacun de multiplicité 2, est réalisé avec deux courbes E, E_1 *arbitraires* : on associe à un point arbitraire L de E un point L_1 de E_1 tel que les 3 points *consécutifs* de E condensés en L et les 3 points analogues condensés en L_1 forment six points inscrits dans une conique; l'interprétation géométrique est bien connue : C et C_1 étant les centres de courbure et T le point de rencontre des tangentes en L et L_1, on a

$$CL : C_1L_1 = TL^3 : TL_1^3,$$

l'angle droit $(\overrightarrow{LC}, \overrightarrow{LT})$ étant de sens opposé à l'angle droit $(\overrightarrow{L_1C_1}, \overrightarrow{L_1T})$. Citons à ce propos un théorème élégant relatif au cas où E, E_1 sont elles-

(¹) Séance du 8 février 1932.

mêmes des coniques : du point T menons les secondes tangentes TL′ à E, TL′$_1$ à E$_1$; L′ et L′$_1$ sont encore des points homologues.

3. *Pour $m \geqq 3$, on ne peut plus réaliser une réduction arbitraire des m^2 points limite à $m^2 - h$ distincts.* La raison en est d'une part que l'ensemble des m^2 points communs à deux courbes C, C$_1$ de degré m a pour surabondance $(m-1)(m-2)/2$, d'autre part que m^2 surpasse le nombre des conditions $m(m+3)/2$ strictement nécessaires pour déterminer une courbe de degré m. Je vais utiliser les résultats que j'ai obtenus, sur les groupes de points surabondants, dans mes deux Mémoires des *Annales de l'École Normale* (3e série, 41, 1924, p. 147-264, et 42, 1925, p. 217-291). *Je me borne, dans ce qui suit, à $m = 4$.*

Pour $m = 4$, un point limite de multiplicité 16, 15, 14 *est impossible*. Remplaçant éventuellement C par C$_2$ (pour 16), par C$_1$ (pour 15), on peut se borner au nombre 14. Dans ce cas, L compterait pour 13 *exactement* parmi les points communs à C$_1$, C$_2$ *et aussi à* C, C$_2$, C$_2$; si donc L, considéré comme condensant 13 points consécutifs de C$_2$, ne forme pas un groupe surabondant pour le degré 4, *les courbes* C$_2$, C$_1$, C *ont trois nouveaux points communs à elles trois* et, comme L compte pour 14 dans l'intersection (C$_1$, C), il compte aussi pour 14 dans l'intersection (C$_1$, C$_2$) d'où contradiction. Si L forme, au sens indiqué, un groupe surabondant, cela entraîne que toutes les quartiques coupant C$_2$ en 12 points condensés en L coupent en réalité C$_2$ en 13 points confondus avec L ; c'est le cas de C$_3$, d'où contradiction, car C$_3$ doit fournir le nombre 12 *exactement*. La démonstration que je viens de donner n'est pas la plus simple pour le cas précis qui précède, mais cette méthode a l'avantage de s'appliquer aux cas plus compliqués. Elle permet de démontrer : 1° *que le cas de deux points limite* L, L$_1$, *de somme de multiplicités égale à* 16 *est impossible ;* 2° *que le cas où cette somme vaut* 15 *ne pourrait être réalisé que si l'unique point limite complémentaire* L$_2$ *était en ligne droite avec* L *et* L$_1$, *mais finalement ne peut se produire*.

Esquissons le dernier résultat : le cas 14 + 1 a déjà été démontré impossible ; les autres cas 13 + 2, 12 + 3, ... se traitent de la même façon. Supposons, par exemple, L de multiplicité 12, L$_1$ de multiplicité 3, de sorte que, dans l'intersection (C$_1$, C$_2$), L et L$_1$ comptent *exactement* pour 11 et 2 ; pour éviter la contradiction déjà signalée L ou L$_1$ *condensant* 11 *ou* 2 *points consécutifs de* C$_2$ doivent former un groupe de 13 points de surabondance 1 ; deux quartiques *quelconques* du réseau les renfermant ont trois *nouveaux* points communs en ligne droite ; or, pour C et C$_1$, deux de ces nouveaux points sont L et L$_1$, donc L$_2$ serait aligné avec L et L$_1$; C$_1$, en

dehors de L et L_1 a trois points limite nouveaux en ligne droite aussi, complétant son intersection avec C_2. On doit donc d'abord chercher la courbe C_1 qui admet les points limite L et L_1 de multiplicité 11, 2 *avec la condition complémentaire que les trois autres points limite de* C_1 *soient alignés*. Ce dernier problème est *possible;* soient, en effet, (x, y) les coordonnées de L, $(x_1 y_1)$ celles de L_1, y', y'', ... désignant les dérivées de y par rapport à x, y'_1, y''_1, ... celles de y_1 en x_1; L décrit une courbe E, L_1 une courbe E_1; et il est *indifférent* de dire que L *condense* 11 points de E ou C_2 (et de même, 12 points de E ou C_1, 13 points de E ou C), L_1 *condense* 2 points de E_1 ou C_2 (et de même, 3 de E_1 ou C_1, 4 de E_1 ou C). Donc, L condensant 11 points de E, réuni à L_1 condensant 2 points de E_1 donne un groupe de 13 points de surabondance 1, ce qui se traduit en exprimant qu'une certaine matrice à 15 colonnes et 13 lignes est de rang 12; on a trois équations que l'on peut écrire :

$$x_1 = f[x, y, y', \ldots, y^{(10)}], \qquad y_1 = \varphi[x, y, \ldots, y^{(10)}], \qquad y'_1 = \frac{dy_1}{dx_1} = \psi[x, y, \ldots, y^{(10)}],$$

L'élimination de y_1 et x_1 conduit pour déterminer E à une équation différentielle d'ordre 11; une fois E obtenue, E_1 et la correspondance ponctuelle (L, L_1) en résultent. Le groupe des 13 points ainsi obtenus, étant réduit aux 12 points *fondamentaux*, on lui ajoute de nouveau L (*douzième consécutif* sur E), et L_1 (*troisième consécutif* sur E_1) : les 14 points ainsi obtenus doivent se réduire, pour la détermination d'une quartique, à 13 seulement, car ils font partie de l'intersection (C, C_1); on obtient ainsi *deux* équations différentielles nouvelles pour les fonctions $x_1(x)$, $y_1(x)$, $y(x)$, non compatibles avec les précédentes, donc l'obtention de C échoue.

La même méthode prouve que le cas de deux points limite de somme de multiplicité égale à 14 est possible : la courbe E *peut être choisie arbitrairement, la courbe* E_1 *en résulte.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Prolongement d'une surface de Riemann* σ *correspondant à une aire multiplement connexe* $\mathfrak{A}$. Note de M. **Gaston Julia.**

1. Précisons d'abord la *jonction d'un anneau* $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ *aux anneaux* $[\lambda_{k+1}, \lambda_k]$ adjacents par les arcs de passage $\alpha_m \beta_m$ d'une *courbe* γ'_k $[U = \lambda_k + 0]$ *de* deuxième *espèce*, les intervalles d'isolement sur γ'_k étant établis [*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 423]. Les feuillets des $[\lambda_{k+1}, \lambda_k]$ ou $\sigma_m^{(k)}$ étant supposés

ordonnés et numérotés, on numérotera les feuillets de l'anneau $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ en *donnant d'abord les mêmes numéros* aux feuillets ou portions de feuillets de ce dernier qui s'unissent par l'arc de passage $\alpha_m \beta_m$ aux feuillets du $\sigma_m^{(k)}$ considéré, les valeurs de V sur $\sigma_m^{(k)}$ et sur $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ étant prises identiques sur l'arc de passage. Les (ou la) parties complémentaires de l'*intervalle d'isolement* ont une longueur réduite *égale à celle de l'arc de rebroussement* $\alpha_m \beta_m$, et leurs points θ'_m ont des V respectivement égaux, ou congrus (mod 2π), aux V de points correspondants θ_m de l'arc de rebroussement $\alpha_m \beta_m$; la *correspondance* (θ_m, θ'_m) se poursuit sans ambiguïté à partir de α_m et de β_m par continuité avec, éventuellement, des variations brusques d'un multiple entier de 2π, lorsque l'intervalle d'isolement est décomposé. A *deux points* θ_m, θ'_m correspondants sera affecté le *même numéro de feuillet*, sur $\sigma_m^{(k)}$ d'une part, sur l'anneau adjacent $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ d'autre part. L'intervalle d'isolement de $\alpha_m \beta_m$ fournit ainsi avec précision le numérotage de μ_m feuillets de $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ partiellement contigus à l'arc de passage $\alpha_m \beta_m$, *les extrémités, congrues* (mod 1), *d'un même intervalle d'isolement fournissant dans* $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ *une ligne de croisement simple nouvelle* (deuxième *espèce*) *entre* 2 *feuillets distincts*. Les différents $\sigma_m^{(k)}$ appartiendront, avec ce système, à des groupes de feuillets différents de la *surface* σ *reconstruite*, lesquels n'auront de connexion entre eux que *par l'extérieur du cercle* $|\zeta| = e^{\lambda_k}$, c'est-à-dire en traversant le domaine $U > \lambda_k$ après avoir traversé les arcs de passage correspondants. Les lignes de croisement existant à l'intérieur de $\sigma_m^{(k)}$: 1° ou bien aboutissent à *l'arc de passage* $\alpha_m \beta_m$ et elles se poursuivent, *ipso facto*, entre les mêmes feuillets et sur le même rayon, dans l'anneau $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$; 2° ou bien aboutissent à un point θ_m de *l'arc de rebroussement* $\alpha_m \beta_m$, et on les poursuivra, sur le même rayon, dans l'anneau $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$, en les faisant repartir du point θ'_m de l'intervalle d'isolement de γ'_k, qui correspondait précédemment à θ_m [V égaux ou congrus] et qui appartient aux mêmes feuillets de $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ que θ_m dans $\sigma_m^{(k)}$.

Le procédé ci-dessus fournit ν_k *lignes de croisement nouvelles* (*de deuxième espèce*) de l'anneau $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$, chacune de ces lignes émanant d'un point θ'_m, *d'un arc direct* de γ_k, ayant un correspondant θ_m dans l'arc de rebroussement $\alpha_m \beta_m$. En l'appliquant de proche en proche à $k = p-1, p-2, \ldots, 1$, on aura au total $\Sigma \nu_k = b$ lignes de croisement de deuxième espèce, en dehors des a lignes de première espèce émanant des points de ramification intérieurs à σ. Au total $a + b = p - 1$ *lignes de croisement simples*. On peut *normaliser les lignes de deuxième espèce* en les faisant partir de points α_m ou de points β_m.

2. *Prolongement de σ à l'intérieur de ses frontières.* — Il suffit d'indiquer le mode de prolongement à $p-k+1$ feuillets de la portion $U<\lambda_{k-1}$ de σ dans tout l'intérieur de $|\zeta|=e^{\lambda_{k-1}}$. L'ensemble des feuillets des anneaux $[\lambda_{k+1}, \lambda_k]$ couvre $p-k$ feuillets seulement; le prolongement de $U<\lambda_k$ dans $|\zeta|=e^{\lambda_k}$ étant supposé acquis, il faut *prolonger l'ensemble des anneaux* $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ *dans* $|\zeta|=e^{\lambda_k}$ *par un feuillet supplémentaire*. Si γ_k n'a pas de rebroussements, on adjoindra simplement le disque circulaire intérieur à γ_k. Lorsque γ_k a ν_k couples de points de rebroussement (α_m, β_m), *on la réduit de proche en proche au cas précédent*. On unit (¹) pour cela les θ'_m, point du m^e intervalle d'isolement non situés sur l'arc de passage inclus $\alpha_m\beta_m$, avec les θ_m correspondants de l'arc de rebroussement $\alpha_m\beta_m$, pour $m=1, 2, \ldots, \nu_k$; ces opérations fournissent des *réduites successives* $\gamma_{k,1}, \gamma_{k,2}, \ldots, \gamma_{k,\nu_k}$ *pour* γ_k, *dont la dernière* γ_{k,ν_k} *ne comporte plus de rebroussement et possède une longueur réduite égale à un*. Le numérotage adopté affecte aux ν_k intervalles d'isolement de γ'_k et aux courbes de jonction $U=\lambda_k+0$ de première espèce, les numéros de feuillets $p, p-1, \ldots, k+1$, qui sont ceux des anneaux $[\lambda_{k+1}, \lambda_k]$.

La courbe réduite γ_{k,ν_k} appartient à un feuillet, différent des précédents, *qui recevra le numéro* k sur l'anneau $[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ contigu aux $\sigma_m^{(k)}$ le long des arcs $\alpha_m\beta_m$ de passage, et par suite sur σ. On prolongera ce $k^{\text{ième}}$ feuillet à l'intérieur de γ_{k,ν_k} par le disque circulaire correspondant de rayon e^{λ_k}, après quoi l'intérieur de $|\zeta|=e^{\lambda_{k-1}}$ sera couvert par $p-k+1$ feuillets portant les numéros $p, p-1, \ldots, k$. A la fin de toutes ces opérations on aura obtenu pour σ un prolongement σ_1 à p feuillets dans tout l'intérieur de γ_0. La considération des réduites successives γ_{k,ν_k} pour $k=p-1, p-2, \ldots, 1$, et de leurs images dans le plan z, montre que σ_1 *est simplement connexe et douée de* $a+b=p-1$ *points de ramification simples*, les uns étant les a points de ramification intérieurs de σ, les b autres $(b=\Sigma\nu_k)$, en nombre ν_k pour chaque γ_k, étant des *points d'arcs directs de* γ_k, extrémités d'intervalles d'isolement sur γ'_k des arcs de passage $\alpha_m\beta_m$. σ_1 $a(p-1)$ lignes de croisement simples unissant ces points critiques à γ_0 par des rayons.

σ_1 peut se représenter d'une manière conforme sur une aire plane : notamment par $u=\pi_0(\zeta)$, fonction inverse d'un *polynome* $\zeta=P_0(u)$ *de degré* p,

(¹) Dans cette opération, on peut commencer par un intervalle d'isolement non décomposé (il y en a au moins un), faire une première réduction, après quoi il y aura un deuxième intervalle d'isolement non décomposé permettant la deuxième réduction de façon très simple, etc., les réductions successives s'opérant toujours sur intervalles d'isolement non décomposés.

ayant p racines distinctes; et par $v = \rho_0(\zeta)$, fonction inverse d'une *fraction rationnelle* $\zeta = R_0(v)$ *à cercle fondamental* $|v| = 1$, *de degré p*. L'examen du passage de σ_1 à σ, et, en particulier, des opérations à exécuter pour passer des réduites γ_{k,ν_k} aux courbes γ_k elles-mêmes, permet d'étudier l'aire canonique D ou D' que décrira u ou v lorsque ζ décrira σ, partie de σ_1; et ainsi d'étudier la représentation conforme par $u = \pi_0[F(z)]$ ou $v = \rho_0[F(z)]$, de $\mathcal{C}$ sur l'un ou l'autre des domaines canoniques D et D' à frontières cassiniennes ou cassiniennes généralisées, tronquées ou non.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'emploi de la méthode de M. Hadamard à la résolution du problème de Cauchy pour certains systèmes d'équations aux dérivées partielles.* Note de M. N. **Théodoresco**, présentée par M. J. Hadamard.

Étant donné le système d'équations aux dérivées partielles

$$\sum_{h,k} \gamma_{ih}^{k} \frac{\partial \varphi_h}{\partial x_k} = \psi_i \qquad \begin{pmatrix} i, h = 1, 2, \ldots, n \\ k = 1, 2, \ldots, p \end{pmatrix}$$

où les γ_{ih}^k sont des coefficients numériques, les ψ_i des fonctions analytiques données, supposons que les matrices $\gamma^k = \| \gamma_{ih}^k \|$ et leurs adjointes satisfassent aux relations

$$\bar{\gamma}^h \gamma^k + \bar{\gamma}^k \gamma^h = 2\delta^{hk} e,$$

avec

$$\delta^{hk} = \begin{cases} 0 & \text{si } h \neq k, \\ 1 & \text{si } h = k, \end{cases}$$

e étant la matrice unité, $\varepsilon_k = \pm 1$.

Nous écrirons ce système sous une forme condensée

$$(1) \qquad F\varphi = \psi \qquad \text{avec} \qquad F = \Sigma \gamma^k \frac{\partial}{\partial x_k}$$

(φ et ψ ayant la signification de demi-vecteurs).

M. Gr. C. Moisil s'est occupé de ceux des systèmes (1) qui sont du type elliptique (avec $\varepsilon_k = 1$), en établissant des propositions qui rappellent celles de Cauchy sur les fonctions holomorphes [1]. Il a, en plus, donné la forme des intégrales de ces systèmes.

---

[1] Gr. C. Moisil, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1292; voir aussi Gr. C. Moisil et N. Théodoresco, *Fonctions holomorphes dans l'espace* (*Mathematica*, Cluj, 5, 1931, p. 1).

Dans ce qui suit, nous allons examiner le cas des systèmes hyperboliques normaux ($\varepsilon_1 = 1$, $\varepsilon_2, \varepsilon_3, \ldots = -1$), à un point de vue analogue et résoudre le problème de Cauchy pour ces mêmes systèmes.

La méthode employée est l'extension de celle que M. Hadamard a imaginée pour intégrer les équations aux dérivées partielles du second ordre et du type hyperbolique normal [1].

Remarquons d'abord que si l'on pose $\overline{F} = \Sigma\overline{\gamma}_k \partial/\partial x_k$, on a

$$\overline{F}F = \sum \varepsilon_i \frac{\partial^2}{\partial x_i^2}.$$

Les intégrales analytiques du système (1) seront, par conséquent, des intégrales de l'équation des ondes (avec un second membre).

Soient Ω et Σ un domaine et sa frontière, n le vecteur normal intérieur à Σ. Si $u_1, \ldots, u_p$ sont les composantes d'un vecteur u et que l'on pose

$$\operatorname{div}_h u = \sum \varepsilon_k \frac{\partial u_k}{\partial x_k},$$

on a l'identité

$$\int_\Sigma (\overline{u}\gamma)(n\gamma)\,\varphi\,d\sigma + \int_\Omega (u\overline{\gamma})\,F\varphi\,d\omega + \int_\Omega [e \operatorname{div}_h u - (\overline{\gamma} \operatorname{rot} u\gamma)]\,\varphi\,d\omega = 0.$$

Donnons-nous sur une surface S, telle que le problème de Cauchy pour l'équation des ondes soit possible, les valeurs analytiques des intégrales $\varphi_1, \ldots, \varphi_n$.

Supposons d'abord $p = 2m+1$ et prenons pour Ω le domaine limité par le cône caractéristique ayant son sommet en un point $P(a_1 \ldots a_{2m+1})$, la portion S' que le cône découpe sur la surface S, et une petite surface auxiliaire dans la proximité de P ayant avec ce point un voisinage d'ordre m.

Posons

$$\mu_k = \varepsilon_k (x_k - a_k), \qquad \rho = \sqrt{(x_1 - a_1)^2 - (x_2 - a_2)^2 - \ldots}$$

et prenons

$$u = \frac{\mu}{\rho^{2m+1}}.$$

On aura

$$\operatorname{div}_k u = 0, \qquad \operatorname{rot} u = 0.$$

L'application de la méthode de M. Hadamard donne

$$(2)\quad \varphi_P = \frac{(-1)^m}{\pi^m}\,\frac{1}{2}\cdot\frac{3}{2}\cdots\left(m - \frac{1}{2}\right)\left[\left|\int_{S'} \frac{(\mu\overline{\gamma})(n\gamma)}{\rho^{2m+1}}\,\varphi_M\,d\sigma_M + \right|\int_\Omega \frac{(\mu\overline{\gamma})}{\rho^{2m+1}}\,\psi_M\,d\omega_M\right],$$

[1] J. Hadamard, *Lectures on Cauchy's problem* (*Yale Univ. Press*, 1923).

M étant le point qui parcourt S' et Ω, le symbole $\lceil\!\!\overline{}$ désignant *la partie finie* de l'intégrale dont il s'agit.

La formule (2) résout le problème intérieur de Cauchy dans le cas $p = 2m+1$. En effet, il n'est pas difficile de montrer que :

a. L'intégrale vérifie le système (1);

b. Les conditions de Cauchy sont remplies.

Pour traiter le cas $p = 2m$, nous utiliserons *la méthode de descente* de M. Hadamard; qui permet de déduire l'intégrale pour le cas pair de la formule (2) ci-dessus.

Soit γ un paramètre. Considérons la surface $\rho^2 = \lambda$. Soient S_2 et Ω_2 les portions qu'elle détermine sur S' et dans Ω.

L'intégrale cherchée est

$$(3) \qquad \varphi_P = \frac{(-1)^{m-1}}{\pi^{m-1}} \frac{d^m}{d\lambda^m_{(\lambda=0)}} \left[\int_{S_2} (\mu\bar{\gamma})(n\gamma)\varphi_M \, d\sigma_M + \int_{\Omega_2} (\mu\bar{\gamma})\psi_M \, d\omega_M \right],$$

dans ce sens que, après avoir effectué les dérivations par rapport à λ, il faut faire tendre ce paramètre vers zéro, donc la surface $\rho^2 = \lambda$ vers le cône caractéristique.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les ensembles du type maximum, et le prolongement des surfaces de Riemann.* Note [1] de M. **René de Possel**, présentée par M. J. Hadamard.

1. Revenons [2] au cas où Δ est un ensemble d'intervalles ouverts δ_i. On obtient alors les résultats suivants :

Théorème I. — *Il existe une suite de fonctions f_n de la famille F_Δ qui converge régulièrement dans le cercle unité C vers l'extrémale $-\Delta$. Le rayon R_Δ correspondant à cette dernière est la limite des rayons R_n qui correspondent aux fonctions f_n.*

Δ_n désignant l'ensemble $\delta_1 + \ldots + \delta_n$, on peut prendre pour f_n l'extrémale $-\Delta_n$. Une conséquence de ce théorème est la suivante :

Théorème II. — *On a*

$$\overline{m}_\Delta = \underline{M}_\Delta = R_\Delta.$$

(1) Séance du 25 janvier 1932.

(2) Voir deux Notes précédentes, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 42 et 159.

On peut en conclure les deux théorèmes suivants :

THÉORÈME III. — *La condition nécessaire et suffisante pour que* Δ *soit du type maximum est* $M_\Delta = 1$.

THÉORÈME IV. — *La seule fonction qui peut appartenir aux deux familles* F_Δ *et* Φ_Δ *est l'extrémale* $-\Delta$.

Ceci nous amène à partager les ensembles d'intervalles Δ en deux catégories selon que l'extrémale $-\Delta$ appartient ou n'appartient pas à F_Δ. Les deux cas sont possibles.

Au moyen du théorème III de la Note précédente, je démontre le

THÉORÈME V. — *Si la série* $\frac{1}{\operatorname{Log}\delta_i}$ *converge, toute suite convergente et uniformément bornée de fonctions de* F_Δ *converge vers une fonction de* F_Δ.

On en déduit le

THÉORÈME VI. — *Si* $C-\Delta$ *n'est pas de mesure nulle, et si la série* $\frac{1}{\operatorname{Log}\delta_i}$ *converge,* Δ *n'est pas du type maximum, et l'extrémale* $-\Delta$ *appartient à* F_Δ.

Indiquons enfin la construction d'un ensemble Δ qui n'est pas du type maximum, et pour lequel l'extrémale $-\Delta$ n'appartient pas à F_Δ. Prenons deux ensembles d'intervalles ouverts dont l'un, Δ_1, est du type maximum et a un complémentaire *de mesure non nulle* situé sur la demi-circonférence au-dessus de l'axe réel, et l'autre, Δ_2, n'est pas du type maximum, et a un complémentaire situé sur la demi-circonférence au-dessous de l'axe réel. On montre aisément que l'ensemble $\Delta = \Delta_1 . \Delta_2$ répond à la question.

2. Considérons une *surface de Riemann abstraite* F (avec la définition de T. RADÓ, *Acta Szeged*, 2, II, 1925, p. 101), c'est-à-dire un espace topologique au sens de F. Hausdorff dont chaque voisinage est en correspondance topologique avec l'intérieur d'un cercle, la correspondance entre les images d'un même domaine dans deux de ces cercles étant directe et conforme (définition équivalente à celle de H. Weyl).

Nommons *rétrosection du type* Γ toute rétrosection [1] qui partage la surface en deux autres dont l'une au moins est multiplement connexe et *schlichtartig*, c'est-à-dire en correspondance topologique avec un domaine plan à un seul feuillet. Un domaine D de la surface F sera dit *de l'espèce* $\mathcal{D}$ s'il jouit des deux propriétés suivantes : 1° D *est simplement connexe;* 2° *la frontière de* D *est formée de sections transverses* [1] t_i, *en nombre fini ou en*

---

(1) Une *rétrosection* d'une surface est l'image topologique d'une circonférence. Une *section transverse* est l'image topologique d'un intervalle linéaire ouvert avec la condition suivante : si une suite de points tend vers une extrémité de l'intervalle, la suite image n'a pas de point limite sur la surface.

infinité dénombrable, et telles qu'un point de t_i n'est jamais limite de points des autres sections transverses. Représentons conformément D sur l'intérieur d'un cercle C'. On peut montrer qu'à chaque t_i correspondent alors un ou deux arcs de C'. *Si l'ensemble des arcs de C' ainsi obtenus est du type maximum, nous dirons que le domaine de l'espèce $\mathcal{D}$ est lui-même du type maximum.*

Ces définitions posées, je démontre le théorème suivant :

La condition nécessaire et suffisante pour qu'une surface de Riemann soit prolongeable est qu'elle contienne une rétrosection de l'espèce Γ, *ou bien un domaine de l'espèce $\mathcal{D}$ qui ne soit pas du type maximum* (1).

On peut d'ailleurs remarquer que l'existence de rétrosections de l'espèce Γ est équivalente à celle d'éléments de frontière de première espèce, au sens de B. de Kerekjartó (*Vorlesungen über Topologie*, Berlin, 1923, p. 164) (2).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une inégalité de la théorie des fonctions et ses applications.* Note de **Henri Milloux**, présentée par M. Émile Borel.

1. L'étude d'un Mémoire récent de M. G. Julia m'a conduit à la proposition suivante :

Soit Δ *un domaine simplement connexe du plan* $\zeta = \xi + i\eta$, *découpé dans la bande rectangulaire* $|\eta| \leq \pi/2$ *par deux arcs de courbe* l_1 *et* l_2 *traversant cette bande* (3), *on désigne par* α *le minimum des abscisses des points de* l_2, *et l'on suppose que* α *est supérieur aux abscisses des points de* l_1.

---

(1) *Sur le prolongement des surfaces de Riemann*, voir T. Radó, *Math. Zeitschrift*, 20, 1924, p. 1-6; S. Bochner, *Math. Ann.*, 98, 1927, p. 406-421; deux Notes de l'auteur, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1092, et 187, 1928, p. 98. Certains résultats contenus dans ces deux Notes sont inexacts et doivent être remplacés par l'énoncé ci-dessus.

(2) Considérons sur la surface F une suite de rétrosection C_i jouissant des propriétés suivantes : 1° C_i *partage la surface en deux autres*, F_i *et* $\overline{F}_i$; 2° F_i *est contenue dans* F_{i-1}, *et, pour i assez grand, tout point de* F *finit par ne plus appartenir à* $\overline{F}_i$; 3° C_{i+1} *est située dans* F_i. Une telle suite définit un *élément de frontière*. Si, à partir d'un certain rang, les F_i sont *schlichtartig*, on dit que l'élément est de première espèce, sinon il est dit de seconde espèce.

(3) Les arcs l_1 et l_2 peuvent avoir plusieurs points sur chacune des droites d'ordonnées $\pm\pi/2$. De même (voir l'énoncé du théorème) les arcs L_1 et L_2 peuvent avoir plusieurs points communs avec chacune des circonférences frontières de la couronne.

Soit $f(\zeta)$ une fonction holomorphe dans Δ, et dont le module est inférieur ou égal à m_2 sur l_2, et à m_1 sur le reste du contour de Δ; on suppose m_2 supérieur à m_1.

Ceci posé, en tout point ζ de Δ ayant une abscisse ξ inférieure à α, l'inégalité suivante, qui ne peut être améliorée, est valable quelle que soit la forme du domaine Δ satisfaisant aux conditions précitées :

$$(1) \qquad \log|f(\xi+i\eta)| < \log m_1 + \frac{2}{\pi}\log\frac{m_2}{m_1}\,\text{arc tang}\,\frac{2e^{\xi-\alpha}\cos\eta}{1-e^{2(\xi-\alpha)}}.$$

2. Utilisant les résultats des belles recherches de M. Ahlfors sur la représentation conforme, j'ai obtenu, en appliquant la proposition précédente, le théorème suivant :

Théorème. — *Soit $f(z)$ une fonction holomorphe dans un domaine simplement connexe D du plan $z = x + iy$, découpé dans la couronne*

$$r_1 \leqq |z| \leqq r_2$$

par deux arcs de courbe L_1 et L_2 joignant les circonférences extrêmes (1). *Le maximum de $|f(z)|$ est désigné par m_2 sur la portion du contour de D qui se trouve à la distance r_2 de l'origine, et à m_1 sur le reste du contour. On suppose m_1 inférieur à m_2. On désigne par $\theta(r)$ la somme des angles au centre des arcs découpés par le domaine D sur la circonférence $|z| = r$, et par m la borne supérieure de $|f(z)|$ sur ces arcs. On a l'inégalité*

$$(2) \qquad \pi\int_r^{r_2}\frac{dt}{t\theta(t)} < o(1) + \log\log\frac{m_2}{m_1} - \log\log\frac{m}{m_1}.$$

A part la constante numérique $o(1)$, cette inégalité ne peut être améliorée.

3. Le théorème précédent comporte des applications à la théorie des fonctions entières. On retrouve des propriétés déjà connues : Théorème de M. Wiman sur les fonctions d'ordre inférieur ou égal à $1/2$ [il y a intérêt, dans l'étude de ces fonctions, à découper le plan en couronnes circulaires et à appliquer, après représentation conforme, l'inégalité (1)]; théorème de MM. Iversen-Valiron sur l'existence des chemins de détermination infinie; extensions des théorèmes de M. Lindelöf à l'étude de fonctions holomorphes dans des secteurs d'angles curvilignes.

En outre ce théorème permet d'obtenir des renseignements sur l'extension angulaire des domaines où une fonction entière est d'un ordre de grandeur comparable à son maximum M (r, f), et ceci aussi bien pour

(1) Voir la note (3) de la page précédente.

l'ordre infini que fini ; la comparaison avec nombre d'exemples montre que les résultats obtenus sont satisfaisants ; ces dernières applications sont utiles dans l'étude de la distribution des valeurs des fonctions entières, d'ordre infini principalement.

MÉCANIQUE. — *Intégration de l'équation aux intégrales premières de la mécanique quantique*. Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. M. de Broglie.

On établit en mécanique quantique (relativiste ou non) que les opérateurs X intégrales premières doivent satisfaire à l'équation différentielle opérationnelle

$$(1)\qquad \varkappa\frac{dX}{dt}=\mathcal{H}X-X\mathcal{H}\qquad\left(\varkappa=\frac{h}{2\pi i}\right),$$

$\mathcal{H}$ étant l'hamiltonien du système.

Nous nous proposons ici de trouver la forme de tous les opérateurs intégrales premières dans le cas général des systèmes non conservatifs, en supposant toutefois que $\mathcal{H}$ est une fonction analytique de t :

$$\mathcal{H}(t)=H_0+H_1t+\ldots+H_nt^n+\ldots.$$

Nous appliquerons la même méthode que celle que nous avons employée dans une Note précédente ([1]) pour résoudre l'équation fondamentale de la mécanique ondulatoire dans le cas de systèmes non conservatifs : recherche des opérateurs X définis par une série de puissances de t :

$$X=X_0+X_1t+\ldots+X_nt^n+\ldots$$

(t étant un paramètre commute avec tous les opérateurs) et détermination des opérateurs X_n en égalant les termes de même degré en t dans l'équation (1).

La règle habituelle des produits de séries s'applique ici, ainsi que la règle de dérivation terme à terme pour avoir dX/dt, de sorte qu'en égalant les termes de degré n en t on obtient la relation de récurrence

$$(2)\quad X_{n+1}=\frac{1}{(n+1)\varkappa}[H_0X_n-X_nH_0+\ldots+H_pX_{n-p}-X_{n-p}H_p+\ldots+H_nX_0-X_0H_n$$

qui détermine chaque opérateur X_{n+1} en fonction des précédents.

De la formule (2) il résulte que l'opérateur X_n est une somme de termes homogènes à H_0^n, en considérant H_p comme homogène à H_0^{p+1}, qui sont de

([1]) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 518.

la forme

$$(3)\qquad C\left(\frac{H_0}{\chi}\right)^u \frac{H_i}{\chi}\left(\frac{H_0}{\chi}\right)^v \cdots \frac{H_k}{\chi}\left(\frac{H_0}{\chi}\right)^{x'} X_0 \left(\frac{H_0}{\chi}\right)^{x''} \frac{H_l}{\chi} \cdots \frac{H_p}{\chi}\left(\frac{H_0}{\chi}\right)^z,$$

et en vertu de l'homogénéité, en désignant par q le nombre des indices $i, \ldots, k, l, \ldots, p$, on a

$$(4)\qquad n = u + v + \ldots + (x' + x'') + \ldots + z + i + j + \ldots + p + q.$$

Nous voyons donc que l'équation (1) admet une solution et une seule analytique lorsqu'on fixe X_0, valeur de l'opérateur à l'instant initial, ou :

Les opérateurs intégrales premières en mécanique quantique forment une famille dépendant linéairement d'un opérateur arbitraire X_0.

Recherche de la solution. — On trouve d'abord que q est au plus égal à $n/2$ ou $(n-1)/2$ suivant que n est pair ou impair. Ensuite, pour simplifier la recherche des opérateurs X_n, nous introduisons des fonctions ${}^q\mathcal{F}_n$ formées par la somme de tous les termes dont X_n est composé qui contiennent q coefficients H_j, puis les fonctions ${}^qF_n^{i,\ldots,p}$ qui sont formées par la somme de tous les termes de ${}^q\mathcal{F}_n$ dont les indices des H_j sont rangés dans l'ordre $i, \ldots, p$, d'où

$$(5\text{-}6)\qquad (5)\quad X_n = \sum_{q=0}^{q \leq \frac{n}{2}} {}^q\mathcal{F}_n, \qquad (6)\quad {}^q\mathcal{F}_n = \sum_{i,\ldots,p} {}^qF_n^{i,\ldots,p}.$$

De la relation (2) on tire une formule de récurrence entre les fonctions ${}^q\mathcal{F}_n$ puis de celle-ci la suivante, entre les fonctions ${}^qF_n^{i,\ldots,p}$:

$$(7)\qquad {}^qF_{n+1}^{i,j,\ldots,p} = \frac{1}{n+1}\left[\frac{H_0}{\chi}\,{}^qF_n^{i,j,\ldots,p} - {}^qF_n^{i,j,\ldots,p}\,\frac{H_0}{\chi} + \frac{H_i}{\chi}\,{}^{q-1}F_{n-i}^{i,j,\ldots,p} - {}^{q-1}F_{n-p}^{i,j,\ldots,p}\,\frac{H_p}{\chi}\right].$$

Posons

$$(8)\qquad {}^qF_n^{i,j,\ldots,p} = \sum_{u,v,\ldots,z} {}^qG_{n\;u,v,\ldots,z}^{i,j,\ldots,p},$$

en désignant par G la somme des termes d'indices $u, v, \ldots, z$ de ${}^qF_n^{i,j,\ldots,p}$ qui diffèrent entre eux par la position de X_0.

Désignons par l'indice α le numéro de la place qu'occupe X_0 dans un terme en partant de la gauche : si X_0 est le premier $\alpha = 0$, puis si $u' = 1$, $u'' = u - 1$, on a $\alpha = 1$, d'une façon générale si X_0 est entre x' et x'', x étant le β^e indice $\alpha = u + v + \ldots + \beta + x'$, jusqu'à ce que X_0 vienne le dernier et comme il y a $q+1$ indices $u, v, \ldots, z$ on a $\alpha_m = u + v + \ldots + z + q + 1$.

D'après la forme des termes déjà indiquée (3) on trouve que

$$(9)\qquad {}^qG_{n\;u,v,\ldots,y,z}^{i,j,\ldots,p} = \sum_{\alpha=0}^{\alpha=\alpha_m} {}^q_\alpha C_{n\;u,v,\ldots,y,z}^{i,j,\ldots,p} \left(\frac{H_0}{\chi}\right)^u \frac{H_i}{\chi}\left(\frac{H_0}{\chi}\right)^v \cdots \frac{H_k}{\chi}\left(\frac{H_0}{\chi}\right)^{x'} X_0 \left(\frac{H_0}{\chi}\right)^{x''} \frac{H_l}{\chi} \cdots \frac{H_p}{\chi}\left(\frac{H_0}{\chi}\right)^z.$$

On trouve pour les sommations par rapport aux $u, v, \dots, z$ et aux $i, j, \dots, p$ que i peut varier de 1 à $n-2q+1$; j de 1 à $n-2q+1-i$; ...; et u de o à $n-i-j-\dots-p-q$; v de o à $n-i-j-\dots-p-q-u$; ... enfin z se trouve fixé par (4) à $n-i-j-\dots-p-q-u-v-\dots-y$.

A partir de la relation (7) on obtient trois formules pour les fonctions G donnant chacune une formule pour déterminer les coefficients C,

$$(10)\qquad \underset{u,v,\dots,y,z}{{}^{q}_{\alpha}\mathrm{C}^{i,j,\dots,p}_{n+1}} = \frac{1}{n+1}\Big[\underset{u-1,v,\dots,y,z}{{}^{q}_{\alpha-1}\mathrm{C}^{i,j,\dots,p}_{n}} - \underset{u,v,\dots,y,z-1}{{}^{q}_{\alpha}\mathrm{C}^{i,j,\dots,p}_{n}}\Big],$$

$$\underset{o,v,\dots,y,z}{{}^{q}_{\alpha}\mathrm{C}^{i,j,\dots,p}_{n+1}} = \frac{1}{n+1}\,\underset{v,\dots,y,z}{{}^{q-1}_{\alpha-1}\mathrm{C}^{j,\dots,p}_{n-i}},\qquad \underset{u,v,\dots,y,o}{{}^{q}_{\alpha}\mathrm{C}^{i,j,\dots,p}_{n+1}} = \frac{1}{n+1}\,\underset{u,v,\dots,y}{{}^{q-1}_{\alpha}\mathrm{C}^{i,j,\dots}_{n-p}}.$$

Enfin un terme A d'un X_{n-r} d'après (2) donne deux termes dans X_{n+1} qui ont deux coefficients opposés, ce qui, si $r=0$, permet de ne garder qu'un coefficient au second membre de la relation (10) et de la remplacer par

$$\underset{u,v,\dots,y,z}{{}^{q}_{\alpha}\mathrm{C}^{i,j,\dots,p}_{n+1}} = \frac{2}{n+1}\,\underset{u-1,v,\dots,y,z}{{}^{q}_{\alpha}\mathrm{C}^{i,j,\dots,p}_{n}} = -\frac{2}{n+1}\,\underset{u,v,\dots,y,z-1}{{}^{q}_{\alpha}\mathrm{C}^{i,j,\dots,p}_{n}}.$$

Au moyen des formules précédentes on arrive après un calcul assez long à l'expression du coefficient C :

$$\begin{aligned}\underset{u,v,\dots,y,z}{{}^{q}_{\alpha}\mathrm{C}^{i,j,\dots,p}_{n}} = {} & \frac{2^{u+v+\dots+\xi+x'}.(-2)^{x''+\dots+y+z}}{n!}(n-u-1)\dots(n-u-i)\\ & \times(n-u-v-i-2)\dots(n-u-v-i-j-2)\dots\\ & \times(n-u-v-\dots-\xi-i-j-k-\beta+1)\\ & \times(n-u-v-\dots-\xi-i-j-\dots-k-\beta-x'-z-1)\dots\\ & \times(n-u-v-\dots-\xi-i-j-\dots-k-\beta-x'-z-p).\\ & \times(n-\alpha-v-\dots-\xi-i-j-\dots-k-\beta-x'-z-y-p-2)\dots\\ & \times(x''+1).\end{aligned}$$

L'expression de l'intégrale première la plus générale est alors la suivante le coefficient C étant donné par la formule ci-dessus :

$$\mathrm{X} = \sum_{n=0}^{n=\infty}\left\{\sum_{q=0}^{q\simeq\frac{n}{2}}\ \sum_{\substack{i=1\\ j=1\\ \dots\dots}}^{\substack{\dots\dots\dots\\ j=n-2q+1-i\\ i=n-2q+1}}\ \sum_{\substack{u=0\\ v=0\\ \dots\dots}}^{\substack{\dots\dots\dots\\ v=n-i-j-\dots-p-q-u\\ u=n-i-j-\dots-p-q}}\ \sum_{\alpha=0}^{\alpha=u+v+\dots+y+z+q+1}\right.$$

$$\left.\times\ \underset{u,v,\dots,y,z}{{}^{q}_{\alpha}\mathrm{C}^{i,j,\dots,p}}\left(\frac{\mathrm{H}_0}{\chi}\right)^{u}\frac{\mathrm{H}_i}{\chi}\left(\frac{\mathrm{H}_0}{\chi}\right)^{v}\frac{\mathrm{H}_j}{\chi}\dots\left(\frac{\mathrm{H}_0}{\chi}\right)^{x'}\mathrm{X}_0\left(\frac{\mathrm{H}_0}{\chi}\right)^{x''}\dots\left(\frac{\mathrm{H}_0}{\chi}\right)^{y}\frac{\mathrm{H}_p}{\chi}\left(\frac{\mathrm{H}_0}{\chi}\right)^{z}\right\}t^{n}.$$

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Sur un nouveau procédé d'auscultation des ouvrages en béton ou béton armé et notamment des barrages.* Note de M. **André Coyne**, présentée par M. M. d'Ocagne.

Reprenant sans le savoir une suggestion faite il y a près de quarante ans par deux ingénieurs français ([1]), à propos de la mesure des fatigues des ponts métalliques, j'ai songé à mesurer les déformations des ouvrages en béton ou béton armé en utilisant les propriétés acoustiques des cordes vibrantes.

Si l'on fixe en deux points de la construction à ausculter les extrémités d'une corde tendue, sonore, tout allongement ou raccourcissement du béton compris entre les deux points d'attache, qu'il soit dû au retrait, aux contraintes, ou à la température, se traduit par une variation de la fréquence propre de la corde.

L'influence de la température peut être éliminée si l'on fait choix d'une corde en acier, dont le coefficient de dilatation est, comme on sait, très voisin de celui du béton et si l'on prend soin de la maintenir en équilibre thermique avec son support de béton.

Ce dernier point est capital. Dupuy, qui peut être considéré à juste titre comme le créateur de l'auscultation des ponts métalliques, signalait déjà qu'avec ses appareils :

« Les observations doivent être faites, autant que possible, par un temps couvert ou avant le lever du soleil, et par une température ne variant pas brusquement. Si, par exemple, le soleil vient à paraître pendant le cours d'une opération, les tiges des appareils s'échauffent beaucoup plus rapidement que les pièces, à cause de leurs faibles dimensions, et les résultats qu'on obtient sont tout à fait inexacts. » [Dupuy, *Appareil destiné à mesurer le travail du fer* (*Annales des Ponts et Chaussées*, 2e semestre 1877, p. 381).]

A fortiori lorsqu'il s'agit d'une corde de quelques dixièmes de millimètre de diamètre, tendue au contact d'une matière de capacité et de conductibilité calorifiques très différentes.

La corde est donc tendue à l'avance dans un tube d'acier étanche, qui est noyé à demeure dans le béton.

([1]) MM. Legrain et Sabouret. Arnodin mesurait également au son les tensions des suspentes de ses ponts suspendus.

Moyennant cette précaution essentielle, l'appareil de mesure, dont la température ne varie plus que lentement, est sans cesse en équilibre thermique avec le béton qui l'entoure, et la fréquence propre n de la corde varie, à très peu de chose près, comme la racine carrée de l'allongement de son support, déduction faite de l'allongement thermique.

La mesure de n renseigne donc sur les effets cumulés du retrait et des contraintes.

La corde est mise en branle à distance par un électro-aimant qui sert aussi à l'écouter, après qu'on a amplifié au moyen de lampes triodes le courant qu'y induit son déplacement.

On compare le son, au moyen des battements, à celui d'un fréquencemètre contrôlé par un diapason. Je me suis servi à cet effet d'un fréquencemètre à corde, du modèle de la sirène harmonique et du stroboscope à corde vibrante de M. A. Guillet (1).

On peut substituer à la mesure acoustique une mesure optique ou même un enregistrement au moyen d'oscillographes.

M. Mary a bien voulu faire, sur ma demande, des essais comparatifs sur une poutre en béton de $2^m \times 0^m,40 \times 0^m,40$, enfermant deux éprouvettes ou « témoins sonores » et auscultée extérieurement par les moyens ordinaires.

Les mesures acoustiques sont en accord avec les lectures faites au moyen des comparateurs Manet-Rabut, mais la sensibilité des appareils est très supérieure et permet de déceler des allongements de l'ordre du millionième. La suppression de toute transmission mécanique y est certainement pour beaucoup.

On peut considérer, eu égard à la simplicité des moyens mis en œuvre, que l'étalonnage des témoins ne variera pas avec le temps, à l'inverse de ce qui se produit pour les appareils d'auscultation électriques à résistance ou à capacité, sujets à des déréglages très importants avec l'âge ou les changements survenus dans leur état physique (température et humidité notamment).

Le procédé ouvre aux ingénieurs de nouveaux champs de recherches. Pour en citer un exemple, on en est encore à se demander quelle est l'importance du retrait du béton en œuvre, comment il évolue avec les contraintes, avec les circonstances atmosphériques et avec le temps, et cela

(1) A. Guillet, *Sirène harmonique à corde. Mesure du module d'Young* (*Comptes rendus*, 161, 1915, p. 561).

faute de mesures absolues poursuivies pendant un temps suffisant, au moins plusieurs années, pour qu'on puisse se donner une vue d'ensemble du phénomène.

Scellées à demeure dans la construction et faisant corps avec elle, à l'abri de toute dégradation par les agents extérieurs et par elles-mêmes indéréglables, les éprouvettes acoustiques seront des témoins fidèles de toutes les vicissitudes d'un ouvrage.

Dans le même ordre d'idées, la quasi-simultanéité des observations faites d'un seul poste central, et par le même opérateur, offre des garanties d'exactitude très supérieures à celles des mesures qui sont pratiquées la plupart du temps sur les chantiers.

Le contrôle expérimental de la stabilité des grands ouvrages, auquel Rabut a attaché son nom, est appelé à y gagner beaucoup. Pour les barrages notamment, un ensemble cohérent de mesures comparables entre elles et s'étendant au delà des étroites limites accessibles à la lecture directe peut seul permettre de confronter utilement les résultats du calcul avec la réalité, et d'élucider certains points très obscurs dont la connaissance autorisera de nouveaux et importants progrès dans l'art de construire.

Enfin le procédé permettra de reconnaître si l'état d'équilibre de l'ouvrage ne risque pas d'être troublé par des phénomènes à allure imprévisible, tels que les lentes déformations du sol ou les infiltrations, bien avant que les symptômes en apparaissent au jour.

AÉRODYNAMIQUE. — *Échauffement d'un thermomètre par un courant gazeux. Applications aérodynamiques.* Note de MM. **Edmond Brun** et **Pierre Vernotte**, présentée par M. Ch. Fabry.

Nous avons entrepris l'étude quantitative de ce phénomène, déja signalé par Joule et Kelvin, en vue tout d'abord de déterminer les corrections à apporter aux mesures de température des courants gazeux.

Sur le conseil de M. Fabry, nous avons réalisé le thermomètre balayé par un courant gazeux, au moyen de l'une des soudures d'un couple placé près de la périphérie d'un disque en rotation rapide.

Chaque soudure est constituée par une tige de laiton de 15^{mm} de longueur et de 3^{mm} de diamètre, à laquelle aboutissent séparément un fil de constantan et un fil de manganine, tous deux de $0^{mm},3$ de diamètre.

Le disque est une boîte très plate en contre plaqué, de 100^{cm} de diamètre, montée sur l'arbre d'un moteur électrique.

Il y a 12 couples en tout : les 12 soudures chaudes sont réparties sur un cercle de 45^{cm} de rayon, les soudures froides, sur un cercle de 9^{cm} de rayon. Chaque soudure est, au repos, à peu près normale au disque, et les deux fils, disposés en jambes de forces de 15^{mm} de longueur, les maintiennent à peu près dans cette position quand le disque tourne.

Les fils se rejoignent deux à deux dans l'intérieur de la boîte, et les deux fils de manganine extrêmes sont connectés chacun à un fil fin de cuivre, connecté à une bague de cuivre rouge, sur laquelle frotte, ni trop, ni trop peu, un balai de cuivre rouge. Les pouvoirs thermo-électriques du cuivre et de la manganine étant très voisins, une petite différence de température accidentelle entre ces deux métaux n'engendre qu'une f. é. m parasite toute petite. Nous avons vérifié d'ailleurs, par une mise en court circuit des couples, qu'il n'existait pas dans le circuit de f. é. m. parasite sensible.

Lorsque la roue tourne, la soudure périphérique est échauffée par le frottement d'un vent relatif de vitesse connue; la soudure centrale est dans un vent 5 fois moins rapide; en première approximation, elle ne s'échauffe pas, mais indique la température bien définie, de l'air ambiant brassé. On mesure donc l'effet cherché par un procédé différentiel.

Les 12 couples donnent par degré une f. é. m. de l'ordre de 450 microvolts, qu'avec un galvanomètre modérément sensible on mesure par une méthode de zéro.

Les échauffements sont très sensiblement proportionnels au carré de la vitesse. Pour un vent de 80 m/sec, on a trouvé un échauffement de 2°,7.

Dans cette expérience, les tiges de laiton formant soudure se comportent, à 2 pour 100 près, comme des corps thermiquement isolés du disque, à cause de la finesse des fils et de leur faible conductibilité. L'échauffement que l'on observe en régime permanent résulte donc de l'*équilibre entre la quantité de chaleur développée par frottement sur la tige et la quantité de chaleur perdue par la tige, par convection dans le vent.*

Les aérodynamiciens considèrent, relativement à un corps placé dans le vent, une *résistance de profil*, liée au décollement des filets d'air, à l'arrière du corps, et une *résistance de frottement*, généralement plus faible et liée à la viscosité de l'air, dont la somme constitue la résistance à l'avancement. La résistance de frottement est assez mal connue dans les cas les plus simples, et très mal dans le cas général.

Une mesure approchée du coefficient de convection forcée étant assez facile, notre mesure d'échauffement nous permet d'atteindre, *de la façon la plus directe*, la puissance dissipée en frottement, dont le quotient par la vitesse nous paraît la définition la plus nette de la résistance de frottement. Le coefficient de convection peut d'ailleurs se déterminer de la façon la

plus directe aussi par l'étude de l'établissement du régime d'échauffement : la constante de temps, dans le cas de l'obstacle isolé du disque, étant le quotient de la capacité calorifique par le produit de la surface par le coefficient de convection.

La résistance de frottement est en relation directe avec la couche limite, couche très mince dans laquelle serait établi le régime de Poiseuille ; la vitesse relative du fluide étant nulle sur l'obstacle, pour prendre des valeurs voisines de la vitesse relative V à l'infini, à la surface de séparation de la couche et du milieu ambiant tourbillonnaire. La même conception explique la convection de la chaleur, la résistance de passage entre le corps et le milieu ambiant étant la résistance thermique de la couche limite.

Nous avons pu, à partir de cette notion, calculer *a priori* les échauffements dans les courants d'air. *En admettant que la distribution des vitesses dans la couche limite soit linéaire*, ce qui est l'hypothèse la plus naturelle, on connaît, par une formule classique, l'énergie dissipée par la viscosité dans chaque élément de volume de la couche. En écrivant l'équation de propagation de cette chaleur dans le sens de l'épaisseur, et notant qu'en régime permanent la chaleur ne pénètre plus dans ce corps, mais se dissipe entièrement dans le milieu ambiant, on obtient la relation extrêmement simple

$$\theta = \frac{V^2}{2}\frac{\eta}{k} = \frac{1}{2B}\frac{V^2}{c},$$

θ étant l'échauffement, η la viscosité, k la conductibilité en unités mécaniques, c la chaleur spécifique du gaz à volume constant, B un coefficient numérique introduit par la théorie cinétique des gaz, voisin de 1,9 dans le cas de l'air. Cette formule ne suppose rien sur la forme de l'obstacle ; elle ne suppose pas non plus que l'épaisseur de la couche limite soit uniforme.

On trouve ainsi que pour un vent relatif de 80 m/sec, l'échauffement serait de 2°,3 ; l'expérience a donné, on l'a vu, 2°,7 pour un obstacle cylindrique, et nous avons retrouvé le même nombre pour un petit plan métallique serti dans notre disque, et y affleurant juste.

L'échauffement doit être considéré comme le quotient très simple de deux phénomènes très complexes (frottement et convection). Il semble que ce soit en tout cas le seul moyen d'atteindre les propriétés de la couche limite.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le problème des n corps à masses variables.* Note (1) de M. M. MENDES, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Considérons le mouvement de n corps à masses variables, s'attirant suivant la loi de Newton, défini par les équations

$$\frac{d^2x_i}{dt^2}=\sum_{j\neq i} m_j \frac{x_j-x_i}{r_{ij}^3}, \quad \ldots \quad (i=1, 2, \ldots, n),$$

où les m_i sont des fonctions données du temps, holomorphes dans l'intervalle $(-\infty, +\infty)$, et dont la somme admet une limite supérieure μ.

Si pour $t=t_0$ leurs coordonnées et leurs dérivées sont finies et vérifient les relations

$$r_{ij}^0 \geqq 14\lambda > 0 \quad \text{et} \quad \left|\left(\frac{dx_i}{dt}\right)_0\right|, \quad \left|\left(\frac{dy_i}{dt}\right)_0\right|, \quad \left|\left(\frac{dz_i}{dt}\right)_0\right| < \rho,$$

les équations données admettent un système de solutions développables en séries suivant les puissances de $t-t_0$ et prenons à l'instant t_0 les valeurs initiales données.

Une généralisation du raisonnement de M. Sundman (2) montre alors que les rayons de convergence de ces séries ont pour limite inférieure la quantité

$$\tau=\frac{-2\lambda^2\rho+2\lambda\sqrt{\lambda(\lambda\rho^2+\mu)}}{\mu}.$$

Dans le cas particulier des masses fixes, on pourra prendre $\mu=\Sigma mi=\mathrm{M}$ et pour $n>3$: $\rho=\sqrt{\mathrm{M}^2/14m\lambda+|h|/m}$, pour $n=3$: $\rho=\sqrt{\mathrm{M}^2/21m\lambda+|h|/m}$, où m représente la plus petite des masses et $h=2\mathrm{T}-2\mathrm{U}$.

La comparaison avec le résultat de M. Sundman est immédiate.

On déduit de là que, si le mouvement, régulier jusqu'à l'instant t_1, cesse de l'être à cet instant, la plus petite des distances r_{ij} a zéro pour limite inférieure lorsque t tend vers t_1.

2. Le problème des n corps à masses variables se ramène au problème à masses fixes dans le cas où $m_i=\mu_i/t+a$, par le changement de variables

$$\frac{\xi_i}{x_i}=\frac{\eta_i}{y_i}=\frac{\zeta_i}{z_i}=\frac{-1}{t+a}, \qquad \tau=\frac{1}{t+a}.$$

(1) Séance du 8 février 1932.

(2) *Acta mathematica*, 36, 1913, p. 113-118.

3. D'autre part, supposons que les masses soient de la forme

$$m_i = \mu_i + \varepsilon_i(t),$$

les μ_i étant des nombres fixes et les $\varepsilon_i(t)$ des infiniment petits d'ordre supérieur à 2/3 pour les très grandes valeurs de t.

Nous utiliserons la méthode des approximations successives sous la forme suivante : Considérons le système d'équations

$$(1) \qquad \frac{d^2 y_i}{dx^2} = f_i[x, y_l, \varepsilon_k(x)] \qquad (i, l = 1, 2, \ldots, n;\ k = 1, 2, \ldots, p),$$

où les fonctions f_i dépendent des x directement et par l'intermédiaire des fonctions $\varepsilon_k(x)$ qui tendent vers zéro lorsque x tend vers l'∞.

Considérons en même temps le système

$$(2) \qquad \frac{d^2 Y_i}{dx^2} = f_i(x, Y_l, 0),$$

où toutes les fonctions ε_k ont été remplacées par zéro, et soit $Y_i = \psi_i(x)$ une solution de ce système.

Nous supposerons qu'il existe des nombres fixes positifs x_0, b_l, A, B_l, α, tels que, pour $x > x_0$, y_l et y'_l compris entre $\psi_l(x) - b_l$ et $\psi_l(x) + b_l$, on ait les inégalités

$$|f_i(x, y_l, \varepsilon_k) - f_i(x, \psi_l, 0)| < \frac{A}{x^{\alpha+2}},$$

$$|f_i(x, y'_l, \varepsilon_k) - f_i(x, y_l, \varepsilon_k)| < \frac{\sum_{l=1}^{l=n} B_l |y'_l - y_l|}{x^{\alpha+2}}.$$

Posons alors

$$y_i^{(1)} = \psi_i(x) + \int_\infty^x dx \int_\infty^x [f_i(x, \psi_l, \varepsilon_k) \quad - f_i(x, \psi_l, 0)]\, dx,$$

$$y_i^{(2)} = \psi_i(x) + \int_\infty^x dx \int_\infty^x [f_i(x, y_l^{(1)}, \varepsilon_k) \quad - f_i(x, \psi_l, 0)]\, dx,$$

....,

$$y_i^{(n)} = \psi_i(x) + \int_\infty^x dx \int_\infty^x [f_i(x, y_l^{(n-1)}, \varepsilon_k) - f_i(x, \psi_l, 0)]\, dx,$$

....

Les séries

$$\varphi_i(x) = \psi_i(x) + (y_i^{(1)} - \psi_i) + (y_i^{(2)} - y_i^{(1)}) + \ldots + (y_i^{(n)} - y_i^{(n-1)}) + \ldots$$

représentent une solution du système (1) telle que les différences $|\varphi_i - \psi_i|$

et $|d\varphi_i/dt - d\psi_i/dt|$ tendent vers zéro lorsque x croît indéfiniment, et une telle solution est unique.

Nous dirons que ces deux solutions de (1) et (2) sont asymptotes.

L'application de ce théorème montre que toute solution du problème à masses fixes μ_i dans laquelle les coordonnées sont des infiniment grands d'ordre supérieur à 2/3 fournit une solution du problème à masses variables $\mu_i + \varepsilon_i(t)$ asymptote et réciproquement.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Facteurs principaux de la coulabilité des métaux purs*. Note de MM. **A. Portevin** et **P. Bastien**, présentée par M. L. Guillet.

La propriété primordiale à laquelle on fait appel en fonderie est la coulabilité, que l'on peut définir comme l'aptitude d'un métal à remplir un moule. C'est une propriété complexe dépendant de multiples facteurs : propriétés du métal, forme de la pièce à couler, conditions de coulée, nature du moule etc. (1).

On apprécie commodément cette qualité en coulant, dans des conditions bien définies, une spirale plane et horizontale et en mesurant sa longueur Λ, qui définit la coulabilité.

Nous nous sommes proposé de chercher quelles étaient, pour un métal donné, les propriétés physiques principales influant sur la coulabilité, nous efforçant pour cela de maintenir aussi rigoureusement constants que possible tous les autres facteurs : nous avons notamment utilisé un moule métallique du type déjà utilisé par Guillet et Portevin (2) en régularisant sa vitesse d'alimentation au moyen d'un obturateur à clapet (3).

F étant la température de solidification du métal, Θ sa température de coulée, θ la température du moule, il est évident que la longueur Λ croît en sens inverse de $F - \theta$ pour devenir infinie pour $\theta = F$.

La température moyenne de la coquille croît avec $\Theta - F$ (écart appelé parfois surchauffe liquide) d'autant plus rapidement que la chaleur spécifique c du métal et sa densité d sont élevées, et avec L chaleur latente de solidification.

(1) Voir A. Portevin, *Cours de l'École supérieure de Fonderie* et *Les facteurs et défauts de Fonderie* (*Congrès International de Fonderie de Milan*, septembre 1931).

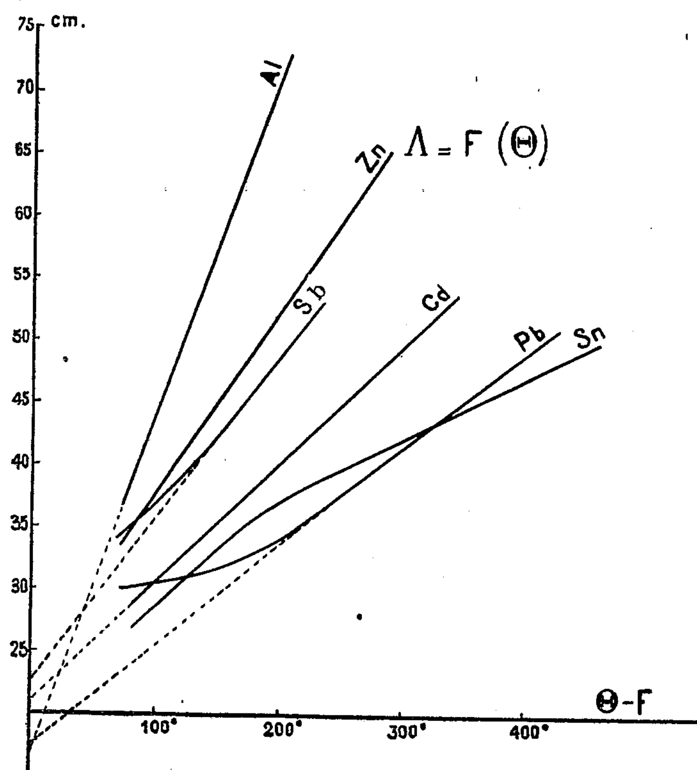
(2) L. Guillet et A. Portevin, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 634.

(3) Courty, *Rev. Mét.*, n° 3, 1931, p. 169-182; n° 4, 1931, p. 194-208.

L'expression la plus simple de la coulabilité serait donc

$$(a)\qquad \Lambda = \mathrm{K}.d.\frac{c(\Theta - \mathrm{F}) + \mathrm{L}}{\mathrm{F} - \theta}.$$

D'ailleurs une analyse mathématique du phénomène conduit à la for-



mule plus complexe [1], qui pour $\Theta - \mathrm{F}/\mathrm{F}$ peu élevé (inférieur à 1/2 par exemple) se ramène à

$$(b)\qquad \Lambda = \alpha \times \frac{d.c(\Theta - \mathrm{F})}{\mathrm{F} - \theta} + \beta \times \frac{\mathrm{L}.d}{\mathrm{F} - \theta},$$

relation de la même forme que (a) et dans laquelle α et β dépendent des

(1) Cette expression est

$$\Lambda = \alpha.d.\frac{c}{k}.\mathrm{Log}\left(\frac{\Theta - \theta}{\mathrm{F} - \theta}\right) + \beta.\frac{\mathrm{L}.d}{k(\mathrm{F} - \theta)},$$

relation dans laquelle $c, d, \mathrm{L}, \mathrm{F}$ ont la même signification que dans l'expression simplifiée (b) et k est la conductibilité thermique du moule.

dimensions et de la nature du moule, de la hauteur de coulée et aussi, mais dans une proportion qu'il est difficile de définir par suite de l'insuffisance et de l'imprécision des données numériques, de la viscosité η du métal; il est d'ailleurs difficile de comparer les viscosités des métaux entre elles, leurs courbes de viscosité en fonction de la température n'étant pas parallèles.

Si l'on considère, en première approximation, α et β comme constants :

1° Les courbes $\Lambda = f(\theta)$ sont bien des hyperboles équilatères $\Lambda = K/F - \theta$, c'est ce que Courty a trouvé pour l'alpax.

2° Les courbes $\Lambda = f(\Theta)$, d'après l'équation (*b*), seraient des droites dont la pente serait fonction de la chaleur spécifique du métal, qui joue un rôle important puisqu'elle varie dans de larges limites d'un métal à un autre (0,22 pour Al et 0,03 pour Pb). La chaleur latente de solidification interviendrait dans l'ordonnée à l'origine.

Nous avons tracé expérimentalement les courbes $\Lambda = f(\Theta)$ pour l'étain, le cadmium, le plomb, le zinc, l'antimoine et l'aluminium et avons constaté que, pour une surchauffe liquide suffisante, la coulabilité est une fonction sensiblement linéaire de la température et que d'autre part les ordonnées à l'origine des droites expérimentales se classent dans l'ordre des produits $L.d/F - \theta$ correspondants : ce qui montre que le coefficient β varie peu d'un métal à un autre et que la viscosité ne semble pas y intervenir.

Par contre les pentes des droites obtenues expérimentalement ne se classent pas dans l'ordre des produits $c \times d/(F - \theta)$ correspondants : ce qui indique que le coefficient α varie d'un métal à un autre et est fonction de la viscosité.

Par ailleurs les forces de tension superficielle ne semblent pas jouer un rôle important dans la coulabilité : dans le cas du moule que nous avons utilisé, le calcul montre que le travail de ces forces est environ la 200e partie du travail de la pesanteur.

En conclusion, la coulabilité est la résultante de facteurs complexes parmi lesquels les propriétés calorifiques (chaleur spécifique, chaleur latente de solidification, température de fusion) des métaux jouent un rôle au moins aussi important que leur viscosité.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une forme particulière d'activité de la matière.* Note de M. **G. Reboul**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai indiqué [1] que certains corps, préalablement soumis à l'action d'une cellule semi-conductrice, conservaient pendant plusieurs jours la propriété d'impressionner la plaque photographique. Cette singularité peut être due soit à une action chimique au sens ordinaire du mot, soit à l'action d'un rayonnement électromagnétique émis par les corps activés.

I. L'action sur la plaque photographique se produit sans qu'il y ait contact avec le corps activé, elle se fait sentir à des distances de l'ordre du millimètre à la pression ordinaire et atteignant plusieurs centimètres dans le vide. S'il s'agit d'une simple action chimique, elle ne peut être due qu'à un gaz ou un liquide de tension de vapeur appréciable, que le fonctionnement de la cellule fait apparaître dans le corps actif et qui, se dégageant lentement, vient réduire le sel d'argent de la plaque sensible. Dans ce cas : 1° l'interposition d'une pellicule de cellophane doit supprimer toute action; 2° l'exposition prolongée du corps activé dans un vide avancé, en faisant disparaître le liquide ou le gaz occlus, doit supprimer l'effet ou du moins l'atténuer fortement.

1° Une feuille de papier est placée pendant une demi-heure sous l'électrode grille d'une cellule formée par un bloc de ciment traversé par un courant d'environ un milliampère sous une tension d'une vingtaine de milliers de volts. La feuille ainsi activée est mise pendant 24 heures au-dessus d'une plaque photographique, dont une moitié est protégée par une pellicule de cellophane de $0^{mm},012$ d'épaisseur. Après développement on constate que la plaque entière est impressionnée; la partie protégée moins que sa voisine, mais d'une manière trop nette pour qu'il y ait doute à cet égard.

2° Une nouvelle feuille est activée comme on vient de l'indiquer; on la divise en deux parties, l'une A est mise de côté comme témoin, l'autre B est placée dans un récipient où l'on maintient pendant une douzaine d'heures un vide cathodique. Les deux parties A et B sont ensuite juxtaposées et placées pendant 12 heures au-dessus d'une même plaque photographique. Après développement on ne constate pas de différence entre l'action de A et celle de B.

---

(1) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 256, et 192, 1931, p. 490.

II. Les résultats précédents s'expliquent aisément si l'on admet qu'ils sont dus à des radiations très absorbables, appartenant à la partie invisible du spectre et que le corps émet par un mécanisme présentant quelque analogie avec celui de la phosphorescence; et cette manière de voir est d'autant plus plausible que l'on peut répéter avec les corps activés comme il vient d'être dit la plupart des expériences que l'on fait avec les corps phosphorescents ordinaires.

1. Si l'on place sur la feuille soumise à l'action d'une cellule des obstacles de forme géométrique, quand on fait agir le corps activé sur la plaque photographique, celle-ci accuse l'ombre portée des obstacles. La netteté de contour de ces ombres s'expliquerait mal si l'action sur la plaque était due à des vapeurs ou à des gaz occlus.

2. Les corps déjà activés présentent une fatigue quand on les soumet à une nouvelle activation, ainsi que le montre l'expérience suivante : une feuille est soumise à une première activation avec interposition d'obstacle comme il a été indiqué. Quelques jours après, on l'active à nouveau sans interposer d'obstacle. Si on la fait alors agir sur la plaque photographique, on voit apparaître sur celle-ci l'image de l'obstacle interposé pendant la première activation. Les parties abritées par l'obstacle pendant cette première activation sont donc devenues pendant la deuxième plus actives que les parties environnantes déjà fatiguées.

3. La température agit sur ces substances activées comme sur les substances phosphorescentes ordinaires.

Si l'on place une feuille préalablement activée au-dessus d'une plaque photographique, et si l'on maintient pendant une ou deux heures une moitié de la feuille à une température de 40°, l'autre moitié étant à la température ordinaire, on constate que la partie de la plaque qui se trouvait sous la moitié chaude de la feuille est plus impressionnée que l'autre.

Si, faisant disparaître l'inégalité de température, on met ensuite cette même feuille au-dessus d'une nouvelle plaque pendant une douzaine d'heures, on constate que la partie précédemment chauffée impressionne moins fortement la plaque que ne le fait sa voisine. Tout se passe donc comme si une augmentation de température accroissait la valeur de l'activité du corps, mais en diminuait la durée.

L'action des corps activés sur l'électroscope est excessivement faible, aussi ne peut-on affirmer qu'elle n'est pas due à quelque effet secondaire. La plaque photographique, totalisant sans difficulté spéciale les actions exercées pendant de très longues poses, se révèle pour cette étude beaucoup plus sensible que l'électromètre.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. — *La suppression de l'astigmatisme des faisceaux obliques dans les lentilles minces.* Note [1] de M. **Marcel Dufour**, transmise par M. Pierre Weiss.

L'astigmatisme des faisceaux obliques dans les lentilles minces est supprimé quand l'astigmatisme produit par la réfraction à l'entrée est compensé par l'astigmatisme produit par la réfraction à la sortie de la lentille, et la condition à réaliser s'écrit $i_1^2\omega_1 = i_2^2\omega_2$, les indices 1 et 2 se rapportant respectivement à l'entrée et à la sortie de la lentille [2]. Les angles qui figurent dans cette condition étant des infiniment petits du premier ordre, nous pouvons écrire

$$i_1 = I_1 h, \qquad \omega_1 = \Omega_1 h, \qquad i_2 = I_2 h, \qquad \omega_2 = \Omega_2 h.$$

Désignant par ρ_1 et ρ_2 les inverses des rayons de courbure et par A_1 et A_2 les inverses des distances des points de l'axe considérés au centre optique d'une lentille infiniment mince de puissance D, nous avons

$$A_2 = A_1 + D, \qquad I_1 = A_1 - \rho_1, \qquad I_2 = A_2 - \rho_2,$$

$$\Omega_1 = A_1 - \frac{\rho_1}{n+1}, \qquad \Omega_2 = A_2 - \frac{\rho_2}{n+1}.$$

Quand on se propose de chercher la forme du verre correcteur qui, placé à une distance donnée d'un œil amétrope, doit fournir des images ponctuelles, on connaît la puissance D du verre ainsi que A_1 et par suite A_2 : les deux inconnues sont ρ_1 et ρ_2, et l'on a

(1) $$(n-1)(\rho_1 - \rho_2) = D.$$

L'équation de condition prend la forme

$$I_1^2\Omega_1 = I_2^2\Omega_2$$

et cette équation sera satisfaite si nous avons simultanément

(2) $$I_1^2 = \lambda^2 I_2^2$$

et

(3) $$\lambda^2\Omega_1 = \Omega_2,$$

ρ_1 et ρ_2 devront satisfaire à la fois les équations (1), (2), (3).

Si nous considérons ρ_1 et ρ_2 comme des coordonnées cartésiennes rec-

---

(1) Séance du 1er février 1932.

(2) Cf. M. Dufour, *L'astigmatisme du pinceau oblique réfracté par le dioptre sphérique* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 365).

tangulaires, les solutions seront données par les points communs aux trois lignes (1), (2), (3). La relation (1) est l'équation d'une droite parallèle à la première bissectrice ; l'équation (2) représente un faisceau de droites concourantes $I_1 = \pm \lambda I_2$, qui passent toutes par le point d'intersection des droites $I_1 = 0$ et $I_2 = 0$; et l'équation (3), un faisceau de droites concourantes passant toutes par le point $\Omega_1 = 0$, $\Omega_2 = 0$. Le problème peut donc être résolu par l'emploi d'un nomogramme à trois droites concourantes [1]. Il est facile de voir què, moyennant l'emploi d'un transparent, le même nomogramme peut servir, quelles que soient les valeurs de D et de A_1 : lorsque A_1 et A_2 viennent à changer, la droite (1) reste toujours parallèle à la première bissectrice et les faisceaux de droites concourantes (2) et (3) se déplacent dans le plan parallèlement à eux-mêmes. Si l'on trace une figure comportant : 1° le faisceau de droites (2), 2° une série de parallèles à la première bissectrice, 3° un quadrillage rectangulaire sur lequel on fixera, pour chaque cas particulier, l'origine des coordonnées, il suffira de déplacer sur cette figure, et parallèlement à lui-même, un transparent portant le faisceau de droites (3) de façon à amener le point de concours de ces droites en un point voulu de la figure fixe. On voit que le problème ne peut admettre que deux solutions réelles distinctes, deux solutiont réelles confondues ou deux solutions imaginaires, et, par le nomogramme, on obtient les solutions réelles sans avoir à construire de conique [2].

On pourrait se proposer de trouver les points pour lesquels une lentille de forme donnée fournit des images ponctuelles : les inconnues seraient alors A_1 et A_2. La forme des relations entre A_1 et A_2 d'une part, et les données D, ρ_1 et ρ_2 d'autre part, est telle que le nomogramme à tracer resterait le même.

---

(1) Cf. M. D'OCAGNE, *Traité de Nomographie*, Paris, 1921, p. 95.

(2) Le procédé classique, employé par les oculistes pour traiter la question des verres correcteurs donnant des images ponctuelles, conduit à une équation homogène du second degré $f(A, D, D_1) = 0$, où D et D_1 sont les puissances respectives de la lentille et du dioptre formé par la face d'entrée : A étant pris comme un paramètre, cette équation représente la courbe connue sous le nom d'*ellipse de Tscherning*. Mais, si nous considérons A, D et D_1 comme trois variables, l'équation homogène est celle d'un cône du second degré dont les sections par les plans A = const. sont les ellipses de Tscherning, et nous voyons immédiatement qu'elles sont homothétiques et tangentes aux deux génératrices de contour apparent du cône sur le plan A = const. Cette propriété des ellipses de Tscherning a été établie différemment par M. Bögehold. [Dr H. BÖGEHOLD, *Einige Bemerkungen zu den Weissischen Rechnungen über Astigmatismus unrichtig angepasster punktuell abbildender Brillen* (*Zeitschrift für Ophtalm. Optik*, 1920, 8 jahrgang, p. 10).]

Je me propose de publier prochainement dans un autre Recueil une étude plus étendue sur l'objet de la présente Note.

SPECTROSCOPIE. — *Relations entre quadruplets correspondants de* N I, O II, S II *et* Cl III. Note de M. **J. Gilles**, présentée par M. Cotton.

Dans la classification de Cl III commencée par Bowen (¹) j'ai établi antérieurement (²) la position du terme $3d\,^4P$ par rapport à $4s\,^4P$ pour compléter une étude semblable sur S II et S III. Or sur ce même spectre Cl III on peut signaler une propriété qui peut rendre service dans la classification de certains spectres avec une précision supérieure à celle obtenue à l'aide de la loi des doublets irréguliers : elle permet de prévoir la valeur en longueur d'onde d'une raie principale d'un multiplet, par suite la position approximative des différentes raies de ce multiplet dans le spectre.

Autour du noyau de Cl III portant 17 charges positives gravitent 14 électrons qui font écran sur l'électron optique. Ce dernier, passant de la trajectoire $4p$ à $4s$ ou de $4d$ à $4p$, émet un ensemble de raies dont un groupe, résultant du terme $4d\,^4P$, est actuellement inconnu. L'idée qui me permet de déterminer ce dernier terme est la suivante; elle est voisine de celle qui a donné des relations d'écart entre O et S, N, O et P (Gilles, *Annales de Physique*, mars 1931). Considérons les éléments N I, O II et S II : des charges positives de O et S, retranchons celles de N, et retranchons, en même temps, des électrons qui font écran dans O II et S II, ceux de N I. Nous retrouverons le nombre des charges positives de Cl III ainsi que le nombre des électrons qui font écran sur son électron optique. Faisons donc parallèlement la comparaison des variations correspondantes d'énergie, c'est-à-dire la comparaison des raies principales $ns\,^4P - np\,^4S\,^4P\,^4D$ et par exemple $np\,^4D - nd\,^4P\,^4D\,^4F$.

Trajectoires ns np.

	$ns\,^4P_{5/2} - np\,^4D_{7/2}$.		$ns\,^4P_{5/2} - np\,^4P_{5/2}$.		$ns\,^4P_{5/2} - np\,^4S_{3/2}$.	
O II	21503	39823	22985	42851	26662	47422
S II	18330		19866		20760	
Cl III	27754	39271	29927	42094	31325	44712
N I	11517		12167		13386	
Différence		552		757		2710

(¹) Bowen, *Phys. Rev.*, **31**, 1928, p. 35; Murakawa, *Jap. Journ. Phys.*, 7, 1930, p. 7.

(²) Gilles, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1158.

Trajectoire np nd.

	$np\,^4D_{7/2} - nd\,^4F_{9/2}$.		$np\,^4D_{7/2} - nd\,^4D_{7/2}$.		$np\,^4D_{7/2} - nd\,^4P_{5/2}$.	
O II..........	24528	48544	25751	50566	25460	52680
S II..........	24016		24815		27220	
Cl III..........	38156	48040	39678	49814	x	
N I..........	9884		10136		10073	
		504		752		

On observe que les écarts entre les raies correspondantes pour O II et S II d'une part, pour Cl III et N I d'autre part, sont voisins : l'écart, faible pour *np ns* est encore plus petit pour *nd np*. Partant de là, on calcule pour le terme inconnu $nd\,^4P_{5/2}$ de Cl III une valeur en fréquence de 39897. Elle doit être légèrement inférieure à celle que donnera l'expérience puisque à la valeur 10073 de N I j'ai ajouté 2710 qui doit être trop grand. Or, utilisant les relevés de Cl III [1] on trouve effectivement les quadruplets suivants qui, pour la raie précédente, donnent 40456 : l'erreur est inférieure à 25 angstroms.

$^4D_{1/2}$..........	–	–	1 42134,6	$4p\,^4D - 4d\,^4P$
$^5D_{3/2}$..........	–	–	2 41876,12	
$^4D_{5/2}$..........	–	2 40976,5	–	
$^4D_{7/2}$..........	3 40456,7	–	–	
$^4P_{1/2}$..........	–	–	–	$4p\,^4P - 4d\,^4P$
$^4P_{3/2}$..........	1 38699,21	2 38615,79	2 39083,15	
$^4P_{5/2}$..........	3 28287,7	4 38199,7	–	
$^4S_{3/2}$..........	4 36885,6	–	–	$4p\,^4S - 4d\,^4P$
	$^4P_{5/2}$ 79112,7	$^4P_{3/2}$ 79196,2	$^4P_{1/2}$ 78728,0	(?)

Un travail analogue permet de déterminer la position approximative des doublets *ns np* dont un a déjà été indiqué par Bowen.

---

(1) L. et E. Bloch, *Annales de Physique*, 7, 1927, p. 397.

RADIOACTIVITÉ. — *Le nombre des rayons β secondaires émis par le radium.* Note (¹) de M. **E. Stahel**, présentée par M. Pierre Weiss.

Le problème de la structure du noyau atomique incite à étudier en détail les rayons γ émis par les substances radioactives. Ces recherches ne se font pas seulement au point de vue qualitatif (longueur d'onde ou fréquence), ce qui permet de calculer les différences énergétiques des divers niveaux nucléaires; mais, depuis quelques années, on s'intéresse également à *l'intensité des rayons γ en valeur absolue*, celle-ci étant reliée à la probabilité du saut intra-nucléaire correspondant.

La désintégration du Ra constitue un cas particulièrement simple de ce problème : ce corps émet, outre les rayons α ordinaires, un rayonnement γ monochromatique d'une énergie de 188,5 e-kv (²) et un rayonnement β secondaire produit par l'absorption interne de ces rayons γ.

Nous nous sommes proposé de déterminer en valeur absolue le nombre des rayons β secondaires et des rayons γ (des $h\nu$) émis par atome de Ra décomposé.

Le dispositif de mesures pour déterminer le nombre des *rayons β secondaires* émis consiste en un compteur à pointe d'après Geiger (³), dans lequel la pression a été choisie suffisamment élevée pour que l'appareil compte quantitativement tous les rayons α et β qui y pénètrent (⁴).

Environ $0^{mg},01$ de Ra, soigneusement purifié de l'émanation et du dépôt actif, est réparti en une couche mince sur une surface plane de diamant. Ce corps a été choisi comme support pour diminuer autant que possible le nombre de rayons β diffusés [(Schonland (⁵)]. Le Ra ne peut être utilisé que pendant quelques heures à cause de la régénérescence de l'émanation. La distance entre Ra et la fenêtre du compteur est 10^{cm}, la pression sur ce parcours est inférieure à $0^{mm},0001$ de Hg.

On compte d'abord le nombre des rayons (α + β) que la préparation envoie dans le compteur; on détermine ensuite le nombre des rayons α

(¹) Séance du 8 février 1932.

(²) O. Hahn et L. Meitner, *Zts. f. Phys.*, 26, 1924, p. 161.

(³) Ce dispositif est semblable à celui que nous avons déjà employé pour compter le nombre des rayons β du Ra D (E. Stahel, *Zts. f. Phys.*, 68, 1931, p. 1).

(⁴) N. Riehl, *Zts. f. Phys.*, 46, 1928, p. 478.

(⁵) B. F. J. Schonland, *Proc. Roy. Soc.*, A, 104, 1923, p. 235, et 108, 1925, p. 187.

seuls, les rayons β étant déviés par un champ magnétique approprié. De ces deux chiffres on déduit le nombre des rayons β par rapport à celui des rayons α, donc par rapport au nombre d'atomes décomposés.

Les résultats suivants ont été obtenus avec une pression de 60^{mm} de Hg dans le compteur.

	Nombre des rayons β sec. émis par 100 atomes décomposés.	Nombre total des rayons comptés.
	5,0	4.110
	2,5	3.370
	7,0	3.610
	4,9	6.020
	5,7	5.700
Moyenne :	5,0 ± 1,0	22.810

Pour vérifier si le compteur enregistre vraiment tous les rayons β incidents, nous avons fait une série de mesures semblables avec une pression de 240^{mm} dans le compteur. Le résultat a été pratiquement le même, à savoir : 5,2 *rayons* β *sur* 100 *atomes décomposés*. La pression de 60^{mm} est donc suffisante.

Ce résultat conduit à quelques conclusions importantes : si au moment de sa décomposition chaque atome de Ra perdait, en plus d'un rayon α, une énergie de 188,5 e-kv sous forme de rayons γ ou rayons β secondaires, il faudrait admettre que 95 pour 100 des atomes de Ra émettent des rayons γ; en effet il n'y en a que 5 pour 100 qui produisent des rayons β secondaires. Des expériences en vue de déterminer avec précision le nombre des rayons γ sont en cours; quelques mesures préliminaires permettent de dire dès maintenant que ce nombre est bien inférieur à 95 pour 100; il est probablement de l'ordre de quelques pour 100.

Ce résultat est assez surprenant; il démontre que la plus grande partie des atomes de Ra se décompose *sans émission de rayons* γ, les autres émettant (outre les rayons α) une énergie *supplémentaire* de 188,5 e-kv sous forme de rayons γ ou β secondaires. *L'atome de* Ra *peut donc se décomposer de deux façons différentes, soit par émission d'une particule* α *seule, soit par émission d'un* α *et d'un rayon* γ (ou son rayon β secondaire correspondant).

Il serait nécessaire d'étudier la structure fine des rayons α du radium

pour établir s'il y a égalité d'énergie entre tous les rayons α, ou s'il existe deux groupes des rayons β [comme dans le cas du ThC (1) ou du RaAc (2)] dont la différence d'énergie serait justement égale au $h\nu$ des rayons γ émis.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Vitesses et chaleurs de saponification des amides.* Note de M. E. Calvet, présentée par M. J. Perrin.

J'ai indiqué (*Comptes rendus*, 189, 1929, p. 530, et 192, 1931, p. 1569) les résultats de mes mesures sur les vitesses et les chaleurs de saponification par la soude des amides aliphatiques à chaîne normale. Ces chaleurs de réaction, mesurées directement avec le microcalorimètre à compensation par effets Peltier et Joule de M. A. Tian, sont intéressantes à comparer avec les vitesses de réaction correspondantes.

J'ai fait depuis des mesures analogues sur les mono, di et trichloracétamides. Ces amides ont des constantes de vitesse de saponification considérablement plus grandes que celles des amides normales; il en est de même de leurs chaleurs de réaction. Les variations de ces quantités étant plus grandes, la comparaison devient plus facile et plus intéressante.

Mesures. — J'ai préparé ces amides chlorées à partir des éthers éthyliques et de l'ammoniaque et je les ai soigneusement purifiées par une série de cristallisations dans l'eau et l'alcool. J'ai retrouvé par dosages les teneurs théoriques en Cl^2 et N^2 à moins de 0,5 pour 100.

Les solutions aqueuses de ces corps sont neutres; il n'y a pas d'hydrolyse appréciable à la température ordinaire.

Les points de fusion trouvés étaient en bon accord avec les valeurs déjà connues.

Je n'ai pas trouvé dans la littérature de mesures relatives à la vitesse de saponification des amides chlorées. La difficulté de ces mesures est en effet assez grande en raison de la rapidité de la réaction surtout en ce qui concerne la trichloracétamide dont la constante de vitesse de saponification est 16000 fois plus grande que celle de l'acétamide à 17°. Comme pour les précédentes mesures, c'est la méthode de Ronchèse (méthode au formol), convenablement adaptée, qui m'a permis de faire des dosages d'ammoniac très rapides : j'ai pu ainsi suivre la saponification de ces chloracétamides entre

(1) S. Rosenblum, *Journ. de Phys.*, 1, 1931, p. 438.
(2) I. Curie, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1102.

les taux 25 et 95 pour 100. Le point de départ n'a pu être inférieur à 25 pour 100 à cause de la grande rapidité du phénomène : on en aura une

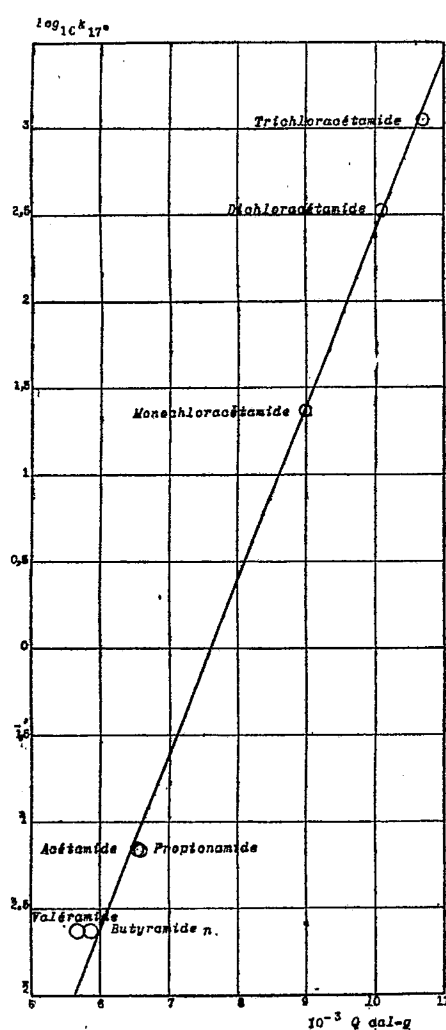


Fig. 1.
Variations du $\log_{10}$ de la constante de vitesse de saponification $K_{17°}$ en fonction de la chaleur de réaction Q.

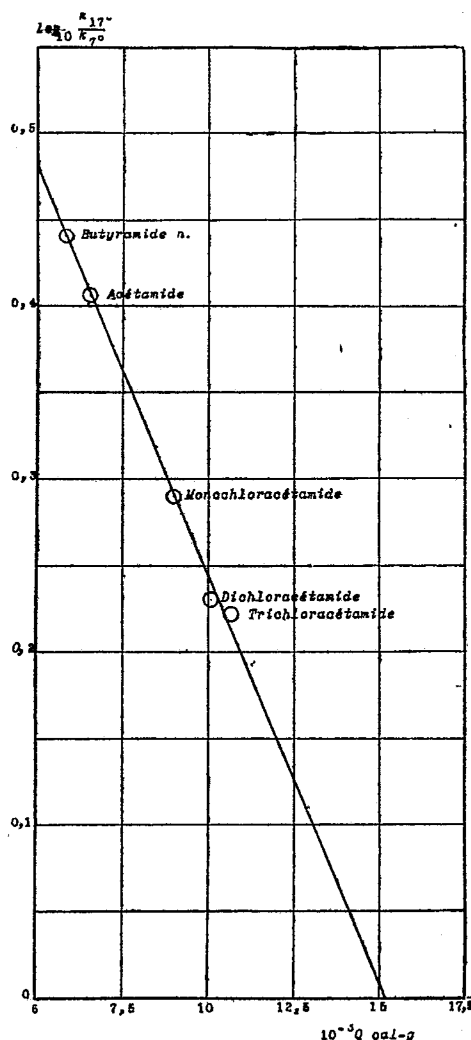


Fig. 2.
Variations du $\log_{10}$ du coefficient de température $\frac{K_{17°}}{K_0}$ de la constante de vitesse de saponification en fonction de la chaleur de réaction Q.

idée en considérant que le taux de saponification de 50 pour 100 est déjà atteint au bout de 8 minutes pour une solution contenant par litre 0,00675 mol-g de trichloracétamide et de soude.

Quant à la saponification du chlore de ces amides par la soude elle est insignifiante vis-à-vis de celle de la fonction amide. J'en ai déterminé la vitesse et, pour la monochloracétamide où elle est la plus importante, j'ai trouvé qu'elle n'atteint que le 1/1000 de la vitesse de saponification de la fonction amide.

J'ai déterminé directement les chaleurs de réaction Q entre corps dissous. Les solutions employées étaient de concentration 0,01 à 0,02 normales en amide et en soude. Les quantités d'amide utilisées dans chaque expérience calorimétrique étaient donc de l'ordre 1/10000 mol-g.

Résultats. — Les résultats de mes expériences sont disposés dans le tableau ci-après dans lequel : k_{17} et k_0 désignent les constantes de vitesse de saponification à 17 et 0°, c est le coefficient de température entre 0 et 17° pour un intervalle de température de 10°.

J'indique aussi dans ce tableau les valeurs connues des constantes de dissociation K de l'acide correspondant à chaque amide.

La courbe (*fig.* 1) représente $\log k_{17}$ en fonction de la chaleur de réaction Q. C'est une droite dont l'équation est

$$\log k_{17} = 0{,}001005\,(Q - 7{,}600).$$

La courbe (*fig.* 2) représente $\log c$ en fonction de Q. C'est aussi une droite d'équation

$$\log c = 0{,}0000476\,(15{,}200 - Q).$$

Amide.	k_{17}.	$\operatorname{Log} k_{17}$.	k_0.	$c = k_{17}/k_0$.	$\operatorname{Log} c$.	$Q_{\text{cal.-g.}}$	K_{17}.
Valéramide......	0,0239	$\bar{2},37840$	–	–	–	5.650	$1,6.10^{-5}$
Butyramide......	0,0237	$\bar{2},37475$	0,00422	2,76	0,44091	5.850	$1,6.10^{-5}$
Propionamide....	0,0669	$\bar{2},82543$	–	–	–	–	$1,4.10^{-5}$
Acétamide.......	0,0692	$\bar{2},84011$	0,0129	2,55	0,40654	6.550	$1,78.10^{-5}$
Monochloracétamide........	23,2	1,36545	7,5	1,952	0,29048	9.000	$1,56.10^{-3}$
Dichloracétamide.	335	2,52204	136	1,698	0,22994	10.100	$50,0.10^{-3}$
Trichloracétamide	1,110	3,04532	464	1,67	0,22272	10.700	env. .10^{-3}

Il est remarquable que k augmente avec K. On peut donc dire sans qu'il y ait proportionnalité exacte qu'une amide est d'autant plus vite saponifiée par la soude que l'acide correspondant est plus fort.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage du radium en présence des sulfates alcalino-terreux.* Note de M. **Adrien Karl**, présentée par M. G. Urbain.

Pour séparer analytiquement le radium des autres bases on l'entraîne à l'état de sulfate insoluble, par précipitation au moyen d'acide sulfurique ou d'un sulfate soluble, en présence d'un grand excès de baryum.

Le dosage du radium ainsi séparé se fait ordinairement par la méthode de l'émanation ([1]). Elle consiste à entraîner ce gaz dans un appareil de mesure, au moyen d'un courant d'air. L'entraînement ne peut être pratiqué que sur une solution. Pour transformer les sulfates de baryum-radium en sels solubles dans l'eau, plusieurs opérations chimiques successives sont nécessaires : Fusion ou ébullition avec des carbonates alcalins, reprise par l'eau, filtration et lavages des carbonates alcalino-terreux, reprise de ceux-ci par l'acide chlorhydrique ou l'acide azotique et enfin concentration. La solution introduite dans un barboteur est prête pour les opérations de mesure.

Ce mode opératoire donne des résultats précis, mais il est laborieux. Le contrôle des traitements exige en général des méthodes rapides et d'une exécution plus simple que celle qui vient d'être exposée.

Un procédé rapide de dosage du radium dans les niobates d'urane naturels a été décrit précédemment ([2]).

Il consiste a utiliser la solution du minéral dans un mélange de bisulfates et de sulfates alcalins, pour en extraire l'émanation sous l'influence d'un courant d'air.

Le mélange de sels qui a été indiqué dissout également les sulfates alcalino-terreux, qui peuvent ainsi être utilisés directement au dosage du radium. Cependant leur solubilité est faible (2,86 pour 100 pour SO^4Ba), aussi ce mode opératoire est-il limité à des produits dont la teneur en radium est relativement élevée.

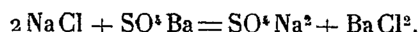
Les chlorures alcalins, par contre, dissolvent les sulfates alcalino-terreux en réagissant sur eux, lorsqu'ils sont en fusion. Ceux-ci sont d'autant plus solubles que la température du bain est plus élevée. Il est possible de réa-

---

([1]) Mme Curie, *Traité de Radioactivité*, Paris 1910; Mme Curie, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 208.

([2]) A. Karl, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1036.

liser des réactions du genre de la suivante :



$$2\,NaCl + SO^4Ba = SO^4Na^2 + BaCl^2.$$

Le produit de cette réaction maintenu à une température convenable est limpide et très mobile. Cependant il ne peut être utilisé au dosage envisagé, à cause de sa forte tension de vapeur, et du départ de fumées, qui mettraient rapidement hors d'usage les appareils de mesure. Son point de fusion élevé exigerait l'emploi de récipients de quartz.

En substituant à un sel simple, un mélange équimoléculaire (correspondant sensiblement à l'eutectique) de chlorures de sodium, de potassium et de lithium, qui se solidifie à 485°, on peut opérer dans le verre Pyrex. Ce mélange dissout rapidement le sulfate de baryum. On peut obtenir une solution contenant 36 pour 100 de ce sel, qui se solidifie à 495°. Chauffée vers 520-530°, elle n'émet pas de vapeurs. A cette température elle est limpide, sa fluidité est convenable pour que l'émanation puisse être entraînée au moyen d'un courant d'air. Par refroidissement, la matière se trouble, puis se contracte, devient opaque et se détache du tube de verre.

Le dosage du radium dans cette solution peut être effectué sur des sulfates alcalino-terreux, sans aucun traitement chimique. On opère de la façon suivante :

On place dans un barboteur en verre pyrex le chlorure triple préparé à l'avance; on y ajoute le sulfate à doser, en quantité telle que la proportion de 36 pour 100 dans le mélange ne soit pas dépassée et l'on porte à fusion. On utilise le barboteur comme à l'ordinaire.

Plusieurs séries de mesures effectuées ainsi ont donné des résultats très sensiblement concordants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Extraction des phénols dans les huiles de goudrons par l'ammoniac liquide.* Note de M. **Jarrÿ**, présentée par M. C. Matignon.

Nous avons reconnu que le gaz ammoniac liquéfié peut être utilisé pour séparer dans les goudrons les phénols des carbures qui les accompagnent.

Pour réussir il convient de brasser énergiquement l'huile avec le solvant; l'agitation terminée, on observe une séparation rapide en deux phases non miscibles : la plus légère contient la presque totalité de l'ammoniac avec les phénols, la plus lourde est constituée par une huile neutre contenant

environ le 1/5 de l'ammoniac mis en œuvre. La pigmentation noire de l'huile initiale se rassemble généralement dans la phase phénolique.

Nous avons reconnu l'existence de ce phénomène dans différentes conditions de température et de pression et pour différentes proportions d'ammoniac.

L'opération est notamment possible sous la pression atmosphérique en opérant dans les conditions suivantes : l'appareillage est constitué par un vase de Dewar de 1 litre de capacité muni d'un agitateur hélicoïdal tournant à 200 ou 300 tours/minute. L'huile à traiter est injectée peu à peu dans l'ammoniac. Quelques minutes après la fin de l'introduction de l'huile, l'agitation est interrompue. La décantation se fait alors d'une façon sensiblement instantanée, à la faveur de la grande différence de densité des deux phases obtenues. La couche inférieure est siphonée la première dans un deuxième vase de Dewar mis en dépression par une petite trompe à vide.

Par exemple, ce mode opératoire appliqué à une huile de goudron primaire de Heinitz (Sarre) a donné les résultats suivants : 300^g d'ammoniac ont été mélangés avec 500^g de l'huile brute suivante :

Densité		0,87
Fraction soluble dans la lessive de soude		17 pour 100
Distillation	1re goutte	80° C.
	point sec	250° C.

Après agitation la décantation nous a donné :

a. 405^g d'une phase lourde, de densité 0,89;

b. 395^g d'une phase légère, de densité 0,72 qui ont été soutirées séparément.

Par évaporation de l'ammoniac elles ont respectivement laissé comme résidus :

a. 350^g d'une huile neutre sans traces dosables de phénols et de densité 0,83;

b. 150^g d'une huile phénolique — surtout crésolique dont 57 pour 100 sont séparables par la soude; densité 1,036.

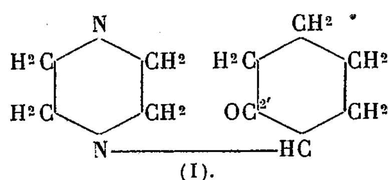
Pratiquement la totalité des phénols est passée dans la phase légère.

Cette séparation rapide du mélange bien agité en deux phases, paraît devoir présenter un intérêt pratique : le solvant peut être totalement récupéré et la principale dépense d'énergie correspond à la force motrice nécessaire pour comprimer les vapeurs du solvant et le ramener à l'état liquide. Dans l'expérience précédente, cette consommation s'élevait à environ 40 watts-heure par kilogramme d'huile brute.

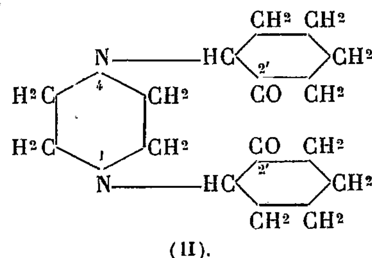
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouveaux dérivés de la pipérazine.* Note de MM. **Marcel Godchot** et **Max Mousseron**, présentée par M. M. Delépine.

Cette Note résume les principaux résultats obtenus en étudiant l'action de l'*o*-chlorocyclohexanone sur la pipérazine.

I. Par chauffage prolongé à 140° de l'*o*-chlorocyclohexanone en présence d'un excès d'hydrate de pipérazine, on obtient un mélange de deux cétones pipéraziniques : l'une, la (2'-cyclohexanone)-N-pipérazine [formule (I)]; l'autre, la 1.4-*bis*-(2'-cyclohexanone-2')-N-pipérazine [formule (II)]



(I).



(II).

Le premier composé peut être séparé après action du sulfure de carbone à l'état de dithiocarbamate [P. F. = 165° (déc.)], qui, traité par une solution concentrée de potasse à l'ébullition, fournit la cétone pipérazinique sous forme d'un liquide visqueux à peine coloré, se prenant en masse par refroidissement et fondant vers + 4°. Le deuxième dérivé disubstitué est obtenu par décomposition par un alcali de son chlorhydrate qui est cristallisé; il se présente sous forme d'une base cristallisée assez soluble dans l'eau (P. F. = 113-114°).

II. En soumettant successivement les deux composés cétoniques décrits ci-dessus à l'hydrogénation par l'alcool absolu et le sodium, on obtient les deux alcools secondaires correspondants; l'un la (2'-cyclohexanol)-N-pipérazine, P. F. = 67-68°, et l'autre la 1.4 *bis* (2'-cyclohexanol-2')-N-pipérazine, P. F. = 205-206°. Nous avons pu reproduire également ces deux substances par actions à 140° sur l'hydrate de pipérazine, soit de l'*o*-chlorocyclohexanol, soit de l'époxycyclohexane [1]. Ces deux derniers modes d'obtention confirment du reste la formule de constitution des deux alcools pipéraziniques engendrés par hydrogénation.

---

[1] Mousseron, *Thèse Faculté Sciences Montpellier*, 1931, p. 102.

III. En les hydrogénant en milieu acétique en présence de noir de platine préparé selon Voorhes et Adams, les deux cétones pipéraziniques précédentes donnent deux alcools différents de ceux isolés dans l'hydrogénation par le sodium; l'un, provenant de la (2'-cyclohexanone)-N-pipérazine, fusible à 105-106°, stéréoisomère du corps fusible à 67-68° et l'autre, dérivant de la 1.4 *bis*-(2'-cyclohexanone-2')-N-pipérazine, fondant à 160-161°, stéréoisomère de l'alcool, P. F. = 205-206°, ce dernier l'accompagnant toujours.

Ces stéréoisomères fournissent des caractères distinctifs que le tableau suivant fait nettement apparaître.

		P. F.	Picrate. P. F.	Dithio-carbamate. P. F.
(2'-cyclohexanol) N-pipérazine	1° par Na + C^2H^5OH..	67- 68°	220° (déc.)	205° (déc.)
	2° par Pt + H^2.......	105-106°	150°	155°
1.4 *bis*-(2'-cyclohexanol-2') N-pipérazine	1° par Na + C^2H^5OH.	160-161°	180°	–
	2° par Pt + H^2.......	205-206°	215°	–

D'autres dérivés, chlorhydrate, chloroplatinate, sel de mercure, ont été préparés, et leurs analyses confirment les formules adoptées pour les deux séries de stéréoisomères.

Enfin le pouvoir anesthésique local de ces différents amino-alcools a été facilement mis en évidence, et il nous a paru qu'il était plus élevé pour les alcools obtenus par hydrogénation catalytique au platine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques aldéhydes à fonction éther-oxyde.* Note de MM. **S. Sabetay** et **D. N. Mira**, présentée par M. M. Delépine.

Dans les aldéhydes à fonction éther-oxyde de formule générale $ROCH^2CHO$ (R pouvant être un reste alcoyle, aryle, ou alcoyl-arylé), nous avons trouvé [1] une nouvelle classe de corps odorants d'une grande puissance et d'une remarquable ténacité. Étant donné qu'on trouve rarement parmi les composés synthétiques des séries entières où l'odeur, tout en se modifiant, reste pourtant intéressante, nous avons préparé un grand nombre de ces aldéhydes en employant les alcools supérieurs dont on se sert en parfumerie. Nous avons soumis à une étude comparative les

(1) S. Sabetay, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 45, 1929, p. 1161.

aldéhydes contenant le groupement RO dérivant des alcools arylaliphatiques (benzylique, phényléthylique, phénylpropylique, anisique, cinnamique, α-amylcinnamique, hydratropique, phénylpropargylique) et cherché à cette occasion l'influence que la double ou la triple liaison pourrait exercer sur l'odeur.

Nous donnons ci-après quelques détails expérimentaux, qui peuvent s'appliquer *mutatis mutandis* également à d'autres alcools.

Préparation d'oxyacétals. — On fait réagir le chlor- ou le bromacétal sur les dérivés sodés ou potassés des alcools en présence d'un peu de cuivre porphyrisé. Par distillation fractionnée, on sépare de l'oxyacétal l'halogéno-acétal et l'alcool non entrés en réaction.

En général les oxyacétals possèdent des odeurs vertes, qui pourraient peut-être enrichir la gamme de celles déjà employées en parfumerie (heptine-carbonate de méthyle, acétal méthylique de l'aldéhyde phénylacétique, etc.).

Saponification des acétals. — Nous l'effectuons en chauffant l'oxyacétal avec l'acide sulfurique dilué (5-15 pour 100) en présence d'un excès plus ou moins grand d'acide acétique. Nous purifions l'aldéhyde, soit par fractionnement soigné, soit par l'entremise d'un dérivé cristallisé. Par leur nuance fleurie, qui tout en rappelant l'odeur des alcools de départ et aussi celle des aldéhydes aliphatiques déjà employés en parfumerie, participe de l'une et de l'autre, ces oxyaldéhydes apportent véritablement une note nouvelle.

Préparation des dérivés sodés. — Nous préparons d'abord un alcoolate inférieur; puis nous ajoutons l'alcool supérieur et nous chauffons dans le vide (à la fin sous 5^{mm}), jusqu'à 200° (¹). L'alcool supérieur déplace simplement l'alcool inférieur de son alcoolate. Le résidu sec obtenu est pulvérisé : il représente le dérivé sodé.

Acétal de l'aldéhyde benzyloxyacétique



$$C^6H^5.CH^2OCH^2CH(OC^2H^5)^2 = C^{13}H^{20}O^3.$$

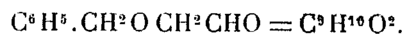
Les alcools de forme Ar.CH²OH(Ar = aryle plus ou moins substitué) sont facilement éthérifiables. De même ils donnent plus facilement que les autres des dérivés alcalins. Nous avons donc chauffé pendant plusieurs heures, à reflux, l'alcool benzylique avec de la potasse et du chloracétal et nous avons isolé, par fractionnement, l'oxyacétal sus-désigné. Ses cons-

(¹) S. SABETAY et J. BLÉGER, *Bull. Soc. ch. Fr.*, 4ᵉ série, 47, 1930, p. 214.

tantes sont :

$$Eb_{15} = 143\text{-}144^\circ; \qquad n_D^{22,5} = 1,4785,$$

Aldéhyde benzyloxy-acétique



$$C^6H^5.CH^2O\,CH^2CHO = C^9H^{10}O^2.$$

La saponication de l'acétal doit être conduite avec de l'acide sulfurique suffisamment dilué. Autrement, en même temps que la fonction acétal, on saponifie la fonction éther-oxyde et l'on obtient des quantités plus ou moins grandes d'alcool benzylique. C'est la première fois que nous rencontrons cette saponification du groupement éther-oxyde par des acides si dilués. Ceci confirme l'assertion de v. Auwers [1] que les alcools $Ar.CH^2OH$ (Ar = aryle) s'éthérifient aisément, mais que les éthers-oxydes formés se saponifient avec la même facilité.

L'aldéhyde benzyloxy-acétique possède les constantes suivantes :

$$Eb_{13} = 110\text{-}112^\circ; \qquad n_D^{21} = 1,5331; \qquad D^{18} = 1,105;$$

R.M. trouvée 42,21 ; calculée 41,81.

L'aldéhyde s'épaississant avec le temps, on le conserve en solution alcoolique. Sa *semi-carbazone* cristallisée dans l'eau fond à 118° (bloc Maquenne).

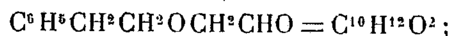
Acétal de l'aldéhyde phényléthyloxy-acétique



$$C^6H^5CH^2CH^2O\,CH^2CH\,(OC^2H^5)^2 = C^{14}H^{22}O^3.$$

Il est recommandable dans ce cas de préparer le dérivé sodé de la façon décrite (par déplacement de l'éthylate de Na) et de le chauffer avec le chloracétal en présence de cuivre porphyrisé. Après plusieurs rectifications on obtient un produit passant sous 16^{mm} à 153-154° et dont $n_D^{20,5} = 1,4760$.

Par saponification on obtient l'*aldéhyde phényléthyloxy-acétique*



$$C^6H^5CH^2CH^2O\,CH^2CHO = C^{10}H^{12}O^2;$$

$$Eb_{13} = 119\text{-}121^\circ; \qquad n_D^{18} = 1,5238; \qquad D^{23} = 1,069;$$

R.M. trouvée 46,88 ; calculée 46,43.

L'aldéhyde phényléthyloxy-acétique donne les réactions générales des aldéhydes. *La semi-carbazone*, cristallisée dans le méthanol aqueux, fond à 88° (bloc Maquenne).

---

(1) V. Auwers, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 64, 1931, p. 535.

Acétal de l'aldéhyde cinnamyloxy-acétique,



$$C^6H^5CH = CH.CH^2OCH^2CH(OC^2H^5)^2 = C^{15}H^{22}O^3$$

Il passe sous 16^{mm} à 155-157°. Par saponification ménagée on obtient *l'aldéhyde cinnamyloxy-acétique*,



$$C^6H^5CH = CH.CH^2OCH^2CHO = C^{11}H^{12}O^2$$

dont les constantes sont

$$Eb_{16} = 139\text{-}141°; \quad D^{22} = 1,061; \quad n_D^{22} = 1,5151 \quad \text{R. M. calculée } 50,58;\ \text{trouvée } 50,64;$$

(1,5161 après 1 demi-heure, 1,5190 après 1 heure et demie).

La semi-carbazone, cristallisée dans le méthanol aqueux, fond à 120° (bloc Maquenne).

Nous poursuivons l'étude de ces aldéhydes et de leurs homologues en utilisant dans ces synthèses les chloropropionacétal, chlorobutylacétal, etc.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Nouvelles observations sur l'orientation de cristaux se déposant au contact d'un clivage de mica ou de chlorite.* Note [1] de M. **L. Royer**, transmise par M. Pierre Weiss.

1. La structure des chlorites est analogue à celle des micas [2]. Les valeurs absolues des deux paramètres suivant les rangées [100] et [010] sont dans les micas sensiblement égales à 5,15 Å et 8,92 Å, tandis que dans les chlorites elles sont voisines de 5,32 Å et 9,21 Å.

Aussi observe-t-on sur les chlorites les mêmes accolements réguliers des halogénures alcalins que sur le mica. Ainsi s'explique aussi le groupement de clinochlore et de phlogopite signalé par Naumann [3] et se faisant de telle sorte que dans les deux espèces les plans $p(001)$ et les figures de choc sont parallèles.

2. J'ai pu réaliser de nouvelles orientations sur les micas et les chlorites avec une série de cristaux orthorhombiques.

En effet en faisant cristalliser sur un clivage frais de mica ou de chlorite

---

(1) Séance du 8 février 1932.

(2) Ch. Mauguin, *Bull. Soc. franç. Minér.*, 53, 1930, p. 279-300.

(3) Naumann, *Elemente der Mineralogie*, 1907, p. 690.

une solution concentrée de permanganate de potassium ou de perchlorate de potassium ou d'ammonium on constate que les cristaux déposés sont orientés par le mica et par la chlorite.

Les plans $p(001)$ de $KMnO^4$, $KClO^4$ ou $AmClO^4$ coïncident avec les plans $p(001)$ du mica ou de la chlorite.

En outre, la rangée [010] de ces sels alcalins est parallèle à l'une des branches de la figure de choc du mica ou de la chlorite.

Il en résulte pour le sel orthorhombique trois orientations différentes tournées l'une par rapport à l'autre de 60° autour de la normale au plan $p(001)$ du mica.

La rangée [010] des sels orientés peut en effet coïncider alternativement avec l'une des trois rangées [100], [130], [$1\bar{3}0$] du mica ou de la chlorite.

Cette orientation est due à la quasi-identité des paramètres dans les différentes espèces, comme le montre le tableau ci-dessous :

Paramètres suivant la rangée [100] :

Mica	5,15 Å	Chlorite	5,32 Å

Paramètres suivant la rangée [010] :

$KMnO^4$	5,72 Å	$AmClO^4$	5,81 Å
$KClO^4$	5,67 Å		

Paramètres suivant la rangée [010] :

Mica	8,92 Å	Chlorite	9,21 Å

Paramètres suivant la rangée [100] :

$KMnO^4$	9,09 Å	$AmClO^4$	9,23 Å
$KClO^4$	8,86 Å		

Ces essais portent à 21 le nombre de sels différents qui donnent au laboratoire un dépôt épitaxique sur le mica (NaI, KCl, KBr, KI, RbCl, RbBr, RbI, AmCl, AmBr, $LiNO^3$, $NaNO^3$, KNO^3, $K^2Zn(Cn)^4$, $K^2Cd(CN)^4$, KPF^6, $AmPF^6$, $RbPF^6$, $CsPF^6$, $KMnO^4$, $KClO^4$, $AmClO^4$).

STRUCTURES CRISTALLINES. — *Études sur le dimorphisme en fonction de la température dans la série des diacides gras saturés normaux.* Note de M. F. **Dupré la Tour**, présentée par M. M. de Broglie.

Ayant conclu ([1]), pour l'acide malonique et l'acide succinique, à l'existence de deux variétés cristallines distinctes α et β, β étant stable à basse température et α à température élevée, nous avons continué ces recherches dans la même série. Sur l'acide glutarique d'abord, nous avons pu faire l'étude cristalline de deux formes distinctes. Puis, avec les termes supérieurs à longue chaîne d'atomes de carbone, nous avons trouvé des distances réticulaires différentes, en fonction de la température, dans les couches minces orientées.

I. *Acide glutarique* $HOOC\text{-}(CH^2)^3\text{-}COOH$: *a. Forme* β. — On obtient, par évaporation d'une solution alcoolique, de petits cristaux *monocliniques*. En lumière convergente, un seul pôle apparaît, assez voisin du centre. Les diagrammes de rayons X donnent la valeur des paramètres suivants :

$$a = 10{,}06\,\text{Å}; \quad b = 4{,}87\,\text{Å}; \quad c = 17{,}4\,\text{Å}; \quad c \sin\beta = 12{,}80\,\text{Å}$$

(β, angle de a et c), ce qui permet de calculer $\beta = 132°35'$.

La connaissance du volume de la maille élémentaire et de la densité (1,423) du produit, permet d'affirmer que la cellule élémentaire renferme 4 molécules.

Ces résultats sont en bonne continuité avec ceux que trouve Caspari ([2]) pour les acides impairs immédiatement supérieurs.

b. Forme α. — Si l'on fait cristalliser après fusion l'acide glutarique, on obtient une nouvelle forme *monoclinique* instable, d'apparence optique presque identique à celle de la forme β. Les valeurs mesurées aux rayons X pour a et b sont assez voisines dans les deux formes. Le paramètre c n'a pu être mesuré directement — le cristal étudié n'avait guère que deux dimensions — mais on trouve une période d'identité, suivant la normale au plan de a et b, égale à 26,6 Å. Le diagramme obtenu permet même de déterminer sans ambiguïté la position des nœuds du réseau. On voit ainsi que la cellule élémentaire est en gros deux fois plus volumineuse que dans l'acide β, et

([1]) F. Dupré la Tour, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 180.

([2]) W. A. Caspari, *Journ. Chem. Soc.*, 30, 1928, p. 3235.

contient 8 molécules; elle se comporte aux rayons X comme un parallélépipède à faces centrées (la face de *b* et de *c*); le réseau possède un plan de symétrie translatoire avec glissement parallèle à *a*.

Les paramètres ont pour valeur

$$a = 10{,}34\ \text{Å}; \quad b = 5{,}08; \quad c \sin\beta = 25{,}6; \quad c\ (\text{calculé}) = 32{,}9;$$
$$\beta\ (\text{calculé}) = 129^\circ 0'.$$

La température de transition de la forme β à la forme α, prise sur des poudres cristallines, est 74-75°. Le passage inverse est possible, mais à température inférieure et plus lentement.

II. *Acides supérieurs.* — Nous avons observé aussi un dimorphisme en fonction de la température sur des échantillons de plusieurs diacides saturés normaux à nombre impair d'atomes de carbone; nos résultats sont résumés dans le tableau suivant :

	Interstices		Températures	
	forme β.	forme α.	de fusion.	de transition.
$C^{11}H^{20}O^{4}$.........	11,3 Å	12,8 Å	108°	91°
$C^{13}H^{24}O^{4}$.........	13,35	14,6	111-112	?
$C^{15}H^{28}O^{4}$.........	15,05	16,8	112-113	?
$C^{17}H^{32}O^{4}$.........	17,1	19,2	118	103

Si l'on compare ce dimorphisme à celui des monoacides saturés [1], on remarque que la variation d'interstice a la même valeur relative (environ 10 pour 100) mais se produit en sens inverse : le réseau se dilate au lieu de s'écraser lorsqu'on élève la température.

La transition est nette pour l'acide en C^{11}; pour C^{17}, elle s'échelonne sur plusieurs degrés. Pour les autres, la transformation n'a pas été totale dans les circonstances où nous opérions, même à une température peu inférieure au point de fusion.

La régression de la forme α à la forme β par simple refroidissement des couches orientées a été observée nettement sur l'acide en C^{11}; elle est beaucoup plus lente que la transition directe β → α.

---

(1) J. Thibaud et F. Dupré la Tour, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 945.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur les accidents siliceux des couches de Tisaru (Flysch des Carpathes roumaines.* Note de M. **M. G. Filipesco**, présentée par M. L. Cayeux.

M. S. Athanasiu [1] a décrit dans le Flysch des Carpathes orientales (Roumanie), sous le nom de couches de Tisaru, une série de dépôts constitués par des conglomérats, des grès et des roches marno-calcaires. Cette série, qu'il a considérée comme inférieure au Sénonien, probablement barrémienne, est caractérisée par des intercalations d'accidents siliceux, auxquels il a donné le nom de silex ou hornstein.

La présence d'organismes caractéristiques : prismes d'*Inocérames*, *Rosalines*, *Orthophragmines* et petites Nummulites, mise en évidence par l'étude microscopique, montre que les couches de Tisaru sont comprises entre le Sénonien et l'Éocène inférieur. La nature très variée des sédiments indique qu'ils se sont déposés dans des conditions bathymétriques qui changeaient en fonction des oscillations verticales du fond de la mer.

Les accidents siliceux, qui nous intéressent, se présentent dans les roches marno-calcaires, comme des horizons interstratifiés, d'épaisseur comprise entre 5 et 80^{cm}; ils ont une couleur grisâtre, rougeâtre, verdâtre ou bigarrée, une cassure d'apparence cornée et translucide sur les bords. On peut observer toutes les transitions entre la roche marno-calcaire et l'accident siliceux typique.

On voit, au microscope, que dans les roches marno-calcaires dominent les organismes calcaires : des *Mélobésiées*, des *Foraminifères*, des *Échinides*, des *Bryozoaires*, des *Ostracodes* et des *Lamellibranches*. Les organes siliceux sont moins nombreux. Quelques variétés de roches marno-calcaires sont exceptionnellement très riches en *Radiolaires*.

Dans les accidents siliceux, les organismes calcaires sont rares, tandis que les organismes siliceux : spicules d'*Éponges* et *Radiolaires*, ou seulement des *Radiolaires*, sont extrêmement nombreux. On rencontre des types de ces roches qui correspondent à de véritables radiolarites. On y peut déterminer de nombreux genres de *Radiolaires* qui appartiennent aux groupes *Spumellaria* et *Nassellaria*.

Le groupe de *Radiolaires* inférieurs (*Collodaria*), caractérisé par l'absence

(1) S. Athanasiu, *Raport as upra actrvitâtii Institutului Geologic al Romaniei*, 1907-1911, p. 31 (an. 1913).

de squelette continu, est représenté dans les accidents siliceux des couches de Tisaru, par des spicules à rapporter au genre *Sphærozoum*. Ce sont des spicules comportant trois, six, huit, etc. rayons simples, bifurqués ou renflés vers leurs extrémités, présentant une disposition symétrique ou irrégulière. La longueur des rayons est comprise entre $0^{mm},01$ et $0^{mm},1$.

Dans les roches marno-calcaires, presque tous les organismes siliceux sont épigénisés par de la calcite pure, incolore, granuleuse ou largement cristallisée; ils sont très rarement en calcédonite.

On voit fréquemment les organismes siliceux ou calcifiés, les minéraux détritiques et secondaires silicatés, entourés d'une auréole de grains de calcite. Ce fait dénote l'affinité qui existe entre la silice et la calcite, fait qui explique les phénomènes d'épigénie observés.

Dans les accidents siliceux, les spicules d'*Éponges* et les *Radiolaires* sont resilicifiés. On rencontre tous les stades de silicification secondaire, qui conduisent de l'organisme calcifié à l'organisme complètement remplacé par de la calcédonite et du quartz secondaire.

Lorsque la silicification est moins avancée, on constate sur l'emplacement des organismes resilicifiés des rhomboèdres de calcite secondaire parfaitement formés. Les organismes calcaires ne sont silicifiés qu'après la gangue, ce qui témoigne de leur part d'une résistance à ce phénomène.

Le ciment argilo-calcaire des roches marno-calcaires a subi, dans les horizons qui représentent les accidents siliceux, des modifications intenses. La matière calcaire est partiellement ou totalement remplacée par de la calcédonite, seule ou accompagnée de quartzine; très rarement on trouve du quartz secondaire constituant des plages de véritable quartzolithe. La matière argileuse, qui n'a pas été affectée par la silicification, est représentée par un résidu uniformément répandu dans toute la masse de la roche, ou concentrée en taches irrégulières.

Conclusions. — 1. L'étude de ces roches confirme le fait établi par M. Cayeux [1], au sujet de la craie du Bassin de Paris, à savoir que le Crétacé supérieur peut être aussi riche en *Radiolaires* que les formations plus anciennes ou tertiaires.

2. Les accidents siliceux des couches de Tisaru, qui appartiennent au type *chert* sont localisés dans les horizons de roches marno-calcaires, qui sont très riches en spicules d'*Éponges* et *Radiolaires*, ou seulement en *Radio-*

(1) L. Cayeux, *Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires* 1897, p. 451-452.

laires. Ces organismes siliceux ont donc joué un rôle important dans le phénomène d'attraction de la silice qui a déterminé la formation d'accidents siliceux.

3. La silice qui a donné naissance aux accidents siliceux est en majeure partie d'origine organique. La silice primaire, sous forme d'opale, de spicules d'*Éponges* et de *Radiolaires*, a été dissoute et ces organismes une fois calcifiés paraissent offrir une moindre résistance à la silicification que les organismes primitivement calcaires.

Dans les cas de sursaturation de la solution en carbonate de chaux, des rhomboèdres de calcite se sont formés ([1]).

4. Il est très probable que ces phénomènes d'échange entre la silice et la calcite ont été influencés par les modifications d'équilibre physico-chimique provoqués par les mouvements du fond de la mer.

GÉOLOGIE. — *Les volcans du Tibesti*. Note de M. **Dalloni**.

Le Tibesti est constitué, au point de vue volcanique, par deux séries de laves; l'une comprend des roches noires, de faciès basaltique, l'autre des roches de couleur claire, rhyolites, trachytes et phonolites.

La superposition de leurs coulées peut s'observer à l'Émi Koussi, dont le sommet, formé de trachytes, de phonolites et de leurs tufs repose, d'après MM. A. Lacroix et Tilho ([2]), sur des basaltes très épais; dans les autres parties du massif, ces basaltes inférieurs peuvent manquer ou ils sont fort réduits et, dans ce dernier cas, de nature doléritique et vraisemblablement intrusifs (soubassement du Toussidé, etc.); ils ne montrent jamais d'appareils conservés.

Le plus souvent, la série éruptive débute par des rhyolites, qui reposent sur les grès siluriens des « tarsos », hérissés de pitons aigus, déchiquetés et de dômes pittoresques (Kozen, aiguilles de Chebedo, Sidi Edimanga) et donnent lieu aux escarpements de Tioro, d'Aozi (falaise d'Ehi Chi), du Kegueur Tedi (3150^m), ainsi qu'à des plateaux dénudés, rappelant les causses; c'est sur eux que se dressent les volcans plus récents du Tieroko, du Vohon et du Toussidé.

([1]) L. Cayeux, *Les roches sédimentaires de France. Roches siliceuses* (*Mémoire de la Carte géologique détaillée de la France*, 1929, p. 528).

([2]) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 402.

Ces vestiges de coulées rhyolitiques, encore très importants, bien que profondément érodés, sont fréquemment associés à des matériaux de projection de caractère vulcanien, tufs ponceux blancs, avec obsidienne et pechstein; des ponces accompagnent parfois aussi les phonolites et les trachytes. La fin de ce cycle fut marqué par de grandes explosions, sans doute contemporaines d'effondrements et c'est alors que se formèrent les vastes caldeiras du Koussi et du Toussidé; sur leurs bords se trouvent des roches grenues (syénites) ou microgrenues, à faciès de « rhombenporphyr » [1], dont la structure est incompatible avec l'hypothèse d'épanchements et de coulées; il faut y voir plutôt des dykes ou sills, mis à nu par la formation de la caldeira.

De puissantes émissions de laves andésitiques et basaltiques ont succédé à la phase précédente; elles commencent à prendre de l'importance au nord du Koussi, dès les environs de Goumeur, et elles se développent encore dans les volcans considérables du Tieroko, du Vohon, du Toussidé et du Turkou [2]. Le front de ces coulées, descendues par les vallées nombreuses qui entaillent le socle primaire, est parvenu en maints endroits jusqu'à la bordure du massif. Les andésites grises à grain fin et d'autres variétés à grands cristaux de labrador (Bardagué, Miski) sont recouvertes par de vrais basaltes qui ont tous les caractères d'une extrême jeunesse : cordés ou spongieux, associés à de grands amas de scories, des bombes piriformes et des débris de projection, ils donnent en général des plateaux monotones, de parcours difficile, de véritables cheires rugueuses et désolées. Leur âge quaternaire ne fait aucun doute. Notons enfin qu'au fond de la caldeira du Toussidé on aperçoit, comme au Koussi, émergeant d'une nappe de natron d'une blancheur éclatante, des cônes basaltiques à peu près intacts.

L'activité interne ne se traduit plus de nos jours que par l'existence de sources thermales, comme celle de Yono, sur le versant sud et surtout celle de Sobouroum, voisine du cratère de Vohon : les eaux, jaillissant à plus de 70°C. sont très sulfureures, avec 160^{mg} d'hydrogène sulfuré, près de 3^{g} d'acide sulfurique (dont 1/3 environ est libre), une forte proportion de

---

(1) Les roches volcaniques recueillies au cours de la mission du Tibesti ont été déterminées et seront décrites par M. A. Lacroix.

(2) M. Denaeyer les a signalées dans cette dernière région, d'après les matériaux rapportés par le Commandant Rottier (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 472).

sulfate d'alumine et des sulfates de fer, de chaux, de magnésie, de potasse et de soude [1].

Le Koussi, bastion avancé du Tibesti, dont il demeure le sommet dominant, est relié au reste du massif par un chaînon très abrupt, entièrement constitué par des matériaux volcaniques, jusqu'au plateau gréseux du Krédaon, lequel domine lui-même, au Nord, la région schisto-granitique; la crête du Kemet qui s'infléchit fortement au Nord-Est, est encore formée par des laves au delà du pic Bette.

Une seconde série de volcans s'aligne sur plus de 300^{km}, de l'Ouest à l'Est, depuis celui de Turkou, avec le petit cratère bien conservé de Begour, le Toussidé, le Vohon et le Tieroko. Ces deux directions, qui se coupent à angle droit, sont évidemment celles de grandes cassures.

GÉOLOGIE. — *Sur les conditions de l'orogenèse et du métamorphisme hercynien dans la bordure Est du Massif Central entre Saint-Vallier et Privas.* Note de M. **André Demay**, présentée par M. L. de Launay.

Pierre Termier a décrit à la bordure Est des Cévennes septentrionales d'une part le granite porphyroïde de Tournon, distinct du granite normal des Cévennes, d'autre part des schistes plus ou moins métamorphiques qui définissent le synclinal hercynien de Sarras. Plus tard, P. Termier, en collaboration avec M. G. Friedel, observait des mylonites et émettait l'hypothèse que les schistes et le granite de Tournon étaient charriés [2] et appartenaient à la nappe B de la région de Saint-Étienne divisée ici au moins en deux nappes. M. F. Blondel [3] apporta en 1925, pour la zone située sur la feuille de Saint-Étienne, quelques observations plus précises sans prendre parti sur cette hypothèse. Les recherches détaillées que j'ai poursuivies depuis 1926 entre Saint-Vallier et Privas ont mis en évidence une série de faits qui justifient une nouvelle interprétation.

Dans le synclinal de Sarras les conditions métamorphiques et orogéniques sont différentes de celles qui caractérisent le complexe tectonique cévenol. Le métamorphisme régional y est de moindre profondeur, tandis que le métamorphisme de contact, sans rôle appréciable dans ce complexe, y est au contraire important.

---

(1) D'après une analyse de M. Leonardon.

(2) P. Termier. *C. R. Soc. géol. Fr.*, 1908, p. 162.

(3) F. Blondel, *Bull. Carte. géol.*, 29, 1924-1925, p. 85.

Le granite porphyroïde de Tournon est engagé dans les mouvements essentiels mais lié tectoniquement au granite cévenol normal et ne semble pas appartenir à une nappe charriée sur celui-ci. D'autre part l'étude détaillée ne permet d'attribuer les lambeaux de schistes plus ou moins métamorphiques ni à une nappe charriée qui prolongerait une des unités du complexe tectonique cévenol, ni même à une nappe différente de plus proche origine. En effet pour plusieurs lambeaux le contact est normal, soit sur l'un des bords, c'est le cas du lambeau de Saint-Barthélemy et du lambeau de Sarras, soit sur les deux bords, comme c'est le cas du lambeau d'Alboussière. J'ai observé pourtant des effets dynamiques sur les deux bords du lambeau de Saint-Fortunat, d'ailleurs avec une importance moindre sur le bord oriental. Mais dans ce cas il est essentiel de noter que la zone d'écrasement du bord occidental ne tourne pas vers l'Est en suivant le pourtour du lambeau, mais se poursuit vers le Nord-Est et rejoint ainsi la bordure d'un autre lambeau. Le phénomène fondamental n'est donc pas ici le décollement des schistes, mais l'existence d'une surface de poussée suivant laquelle le panneau granitique occidental avec sa couverture schisteuse a été poussé sur le panneau oriental formé lui aussi de granite et de schistes.

J'ai pu suivre la trace de cette surface de poussée ou surface de Tournon depuis le sud de cette ville jusqu'à l'Erieux, sur une trentaine de kilomètres. Elle correspond à la limite orientale des lambeaux schisteux de Mauves et de Plats, où l'on peut observer l'écrasement du granite et l'agitation des schistes. Plus au Sud, le granite porphyroïde affleure des deux côtés de la surface de poussée qui reste marquée par un écrasement. Près de Théolier au nord de Champis, la poussée a mis en contact le granite à l'Ouest et une lame synclinale schisteuse à l'Est et donné naissance à un *puissant écrasement granitique*. Les surfaces de friction à plongée N.-W. accusent une poussée dirigée vers le Sud-Est. De nombreux affleurements mylonitiques montrent la liaison de l'écrasement de Théolier et des beaux écrasements qui bordent à l'Ouest le lambean de Saint-Fortunat et qui, entre Pansoye et les Mélys le long du contact, atteignent jusqu'à 600^m de largeur avec un faciès de mylonite bréchoïde analogue à celui des parties les plus broyées de la nappe de la Gampille et des écailles de Montrambert. Dans la coupe de la vallée de l'Erieux, il y a laminage ou écrasement du granite et des schistes. Cenx-ci plongent vers le granite qui les domine en outre topographiquement. La poussée a donc eu lieu vers l'Est ou le Sud-Est. Les mylonites granitiques de Saint-Vallier, signalées par M. F. Blondel,

correspondent soit au prolongement de la surface de poussée de Tournon, qui serait ainsi définie sur 50^{km}, soit à une surface parallèle. Plus à l'Ouest une surface analogue accuse le même sens de poussée et coupe elle aussi un lambeau schisteux, celui de Sarras, sans l'envelopper.

Bien que le caractère mécanique du contact soit bien accusé tout le long de la surface de poussée de Tournon, sur plusieurs points les schistes semblent avoir subi près du granite un métamorphisme de contact. Il y a donc eu glissement du granite sans dérangement complet des premières assises schisteuses. L'existence de lambeaux schisteux en bordure de la surface de poussée et de lames schisteuses parallèles dans le granite montre qu'il s'agit en somme de plis aigus enracinés qui aboutissent parfois à des décollements et glissements. Le décollement et le glissement assez faible du lambeau de Saint-Fortunat, le glissement peut-être plus accentué du lambeau de Beauchastel, que traduit en particulier le laminage à la base près de la Voulte, malgré leur faible importance, rendent assez probable par leur allure tangentielle la formation de véritables nappes en avant de la zone d'enracinement de Saint-Vallier et de Tournon.

En résumé le granite porphyroïde de Tournon et les schistes métamorphiques de la région comprise entre Saint-Vallier et la Voulte n'appartiennent pas au complexe tectonique des Cévennes septentrionales. Les mouvements dont ils portent la trace, en particulier sous forme de mylonites, intéressent non pas les unités de ce complexe, mais son substratum et, s'ils ont donné naissance à des nappes en avant de la zone d'enracinement, celles-ci correspondent à une zone différente de l'édifice hercynien. Mais le sens de poussée apparent reste ici celui que j'ai mis en évidence au Nord dans la zone lyonnaise et dans le domaine du complexe tectonique cévenol et au Sud dans les Cévennes méridionales et dans le Rouergue, et qui se poursuit au moins jusqu'au versant septentrional de la Montagne Noire.

S'il faut abandonner l'idée, envisagée par Pierre Termier, d'un prolongement des unités tectoniques de Saint-Étienne dans la région de Saint-Vallier et Tournon, puis de Largentière, du Vigan et de la Montagne Noire, l'étude détaillée permet du moins de définir la structure hercynienne d'une nouvelle zone du Massif Central et fait apparaître, en même temps que la constance de certains traits essentiels, les caractères particuliers de cette zone et les premiers éléments d'une synthèse des Cévennes septentrionales et méridionales.

GÉOLOGIE. — *Sur une faune liasique de la Sierra Sagra, dans la zone subbétique (Espagne méridionale).* Note [1] de M. **Ch. Gérard**, présentée par M. Ch. Jacob.

R. Nicklès [2] a découvert, dès 1904, que la Sierra Sagra (2400^m) est formée par un épais lambeau de recouvrement, comportant du Lias et reposant sur les couches ridées du Crétacé et de l'Eocène. Ce lambeau est séparé de son substratum par une mince lame de Keuper.

Des études ultérieures [3] ont montré que ce lambeau appartient à tout un ensemble tectonique, qui est caractérisé par le faciès alpin ou de haute mer de ses sédiments secondaires et qui se suit de la Sierra Sagra aux abords d'Alicante.

Lors de ses découvertes, Nicklès [4] n'a donné qu'une liste sommaire de fossiles liasiques de ce massif. Plus récemment, il a récolté, dans la partie liasique du Sud de la Sierra Sagra, principalement au Cortijo Monja, dans des calcaires marneux gris clair, une riche faune représentée par de nombreux échantillons, dont la plupart sont de belle conservation.

M. P. Fallot, directeur de l'Institut de Géologie de Nancy, où ces fossiles ont été déposés, a bien voulu me confier leur détermination.

Ils correspondent à deux niveaux.

La plus riche série est domérienne. Elle comporte : *Phylloceras Emeryi* Bettoni, *Ph. frondosum* Reynès, *Ph. costoradiatum* Stur., *Rhacophyllites lunensis* de Stefani var. *plicata* Fucini, *Lytoceras Sutneri* Geyer, *Lyt. forajuliense* Meneghini, *Lyt. ovimontanum* Geyer, *Lyt. Capellinii* Bettoni, *Lyt. sinuatum* Rosenberg, *Lyt. Tauromanense* Gemmellaro, *Lyt. recognitum* Fucini, *Lyt. apenninicum* Fuc., *Amphiceras Tauromanense* Fuc., *Amph. Rosenrergi* Fuc., *Protogrammoceras celebratum* Fuc., *Protogr. Zuffardi* Fuc., *Protogr. Curionii* Menegh sp., *Protogr. Marianii* Fuc., *Harpoceras præplanatum* Fuc., *Harp. denseornatum* Fuc., *Harpoceratoides Lorioli* Bettoni sp., *Hildoceras Castianii* Fuc., *Hildoceratoides Normannanium* d'Orb. sp., *Hild. Portisi* Fuc., *Hild. Lavinianum* Menegh. sp. var. *brevispirata* Fuc., *Hild. Lavinianum* Menegh. sp. var. *conjungens* Fuc., *Præleioceras serotinum* Bettoni sp.,

---

(1) Séance du 8 février 1932.

(2) R. Nicklès, *Sur l'existence de phénomènes de charriages en Espagne, dans la zone subbétique* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 4, 1904, p. 223-247).

(3) Voir P. Fallot, *État de nos connaissances sur la structure des chaînes bétiques et subbétique* (*Livre jubilaire Soc. géol. Fr.*, 1930, p. 279-305).

(4) *Comptes rendus*, 122, 1896, p. 550.

Præl. Kufsteini Menegh. sp., *Arieticeras Algovianum* Oppel sp., *Arietic. expulsum* Fuc., *Ariet. Reynesi* Fuc., *Canavaria dubiosa* Fuc., *Trinacrioceras Canavarii* Gemmellaro sp., *Atractites* sp., *Belemnites elongatus* Miller, *Belm. brevis* Blainville.

Un niveau supérieur, formé de calcaires roses, a fourni *Harpoceras falciferum* Sow. sp. et *Peronoceras fibulatum* Sow. sp. du Toarcien.

L'existence, dans la faune domérienne, de nombreux *Phylloceras*, *Rhacophyllites*, *Lytoceras* et *Amphiceras*, lui donne un caractère nettement alpin. Elle a la plus grande analogie avec celle de l'Apennin et on y retrouve le plus grand nombre des espèces de cette région, décrites par Fucini.

On connaissait plus à l'Est l'extension de formations liasiques à Brachiopodes alpins, découverts par M. Jimenez de Cisneros; mais, en aucun point du midi de l'Espagne, une faune aussi typiquement alpine par ses Ammonites n'avait pas encore été décrite.

GÉOLOGIE. — *Le Toarcien de la Lorraine et de la Haute-Saône. Récurrence du faciès schisteux à Posidonomyes.* Note de M. **G. Corroy**, présentée par M. Ch. Jacob.

Authelin [1] a donné, en 1899, du Toarcien des environs de Nancy, une coupe type, qui a servi de base jusqu'alors aux études de détail sur le terrain. Cette coupe, à laquelle j'ajouterai des observations nouvelles, peut se présenter ainsi :

1° Zone à *Harpoceras falciferum*, reposant sur les argiles sableuses ou les grès à *Amaltheus spinatus*. Elle débute par des calcaires marneux (3 à 5^m) avec banc de lignite, que recouvre la série des marnes feuilletées, appelées *schistes-cartons* (5 à 10^m), renfermant à la partie inférieure : *H. falciferum*.

2° Zone à *Hildoceras bifrons*. — La partie supérieure des schistes-cartons contient en effet : *H. bifrons* avec *H. Levisoni*, *Dactylioceras commune*, *D. annulatum*, *D. Holandrei*. Mais, à tous les niveaux des schistes, on recueille avec abondance : *Steinmannia Bronni* et *Pseudomonotis substriata*, associés à de moins nombreuses *Posidonomya radiata*. A peu près à la limite des deux zones, on remarque un banc où pullule *Mytilus gryphioides*. Les schistes sont recouverts par des marnes argileuses à nodules (30 à 35^m) avec *Dactylioceras subarmatum*, *Harpoceras subplanatum*, *Phylloceras heterophyllum*, puis par un niveau phosphaté à *Cœloceras crassum*, *C. Raquinianum*, bien étudié par Bleicher [2].

---

(1) *Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, **28**, 1899, p. 230.

(2) *Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, **20**, 1892, p. 237.

3° Zone à *Grammoceras fallaciosum*. — Elle est séparée de la précédente par un niveau, peu épais ($0^m,50$) mais très constant, de marnes ferrugineuses à Belemnites (*D. irregularis*), que surmontent des marnes noduleuses (35 à 40^m) à *G. fallaciosum*, *G. doerntense*, terminées par des horizons à *G. dispansum*, *G. striatulum*, *G. toarcense*, avec *Cerithium armatum* et *Trochus subduplicatus* abondants. Ces marnes passent insensiblement aux grès micacés aaléniens par une zone qui contient encore *G. dispansum* et dans laquelle apparaît *Dumortieria Levesqui*.

Si l'on se dirige vers le Sud, dès les environs de Thélod (Meurthe-et-Moselle), on voit le faciès des schistes à Posidonomyes envahir toute la Zone à *H. falciferum* et s'élever assez peu dans la Zone à *H. bifrons*. On passe, en effet, très rapidement à des marnes et plaquettes calcaires, riches en *H. bifrons*, *D. commune*, *D. annulatum*, *D. Holandrei* et pétries de *Pseudomonotis substriata* (très beau gisement à Landaville, Vosges). Quant aux marnes à *D. subarmatum* et *C. crassum*, elles sont réduites en puissance; mais elles s'enrichissent en paillettes de mica. Ce faciès de marnes micacées, plus ou moins argileuses, persiste dans la Zone à *G. fallaciosum*, vers le sommet de laquelle apparaissent des bancs marno-calcaires ferrugineux avec *G. striatulum*. Le passage de l'Aalénien se fait par des assises oolithiques et ferrugineuses (minerai de fer de Dourmont pour Authelin), équivalent pour moi des grès micacés de Nancy avec *G. dispansum*, *D. Levesquei* et des *Hammatoceras*.

En Haute-Marne, la série schisteuse est beaucoup plus puissante : elle englobe la Zone à *H. falciferum*, peu épaisse d'ailleurs ($1^m,50$), et toute la Zone à *H. bifrons* (40^m), avec des intercalations marneuses ou marno-calcaires. Dans les marnes, les Belemnites sont particulièrement nombreuses, alors que *Steinmannia Bronni*, très abondante dans la zone inférieure, se retrouve dans tous les horizons schisteux. La Zone à *G. fallaciosum* et *Trochus subduplicatus*, encore marneuse, se termine par un niveau de marnes sableuses micacées avec *G. toarcense*.

Vers l'Est, aux environs de Vesoul, le faciès schisteux apparaît non seulement dans les deux premières zones, mais il se retrouve jusqu'à la partie supérieure des couches à *G. fallaciosum*.

En effet, une coupe complète du Toarcien de cette région est la suivante :

A la base, on trouve les schistes cartons à Posidonomyes, avec lignite et niveau repère à *M. gryphoides*, comme en Lorraine. La Zone à *H. bifrons* et *D. Holandrei* est entièrement schisteuse (30^m environ); elle est séparée du Toarcien supérieur par une passée marno-calcaire riche en petits Lamellibranches, notamment en Aviculidés et en Pectinidés, accompagnés d'Algues. Enfin, la Zone à *G. fallaciosum* (40^m) est composée d'une alternance de marnes à *Trochus* et de schistes dans lesquels

on retrouve *S. Bronni*, *P. substriata* avec *Amussium pumilus* jusqu'à la partie supérieure; celle-ci est représentée par un niveau de grès, plus ou moins marneux, azoïque. Trois passées de marno-calcaires pétris de valves de petits Lamellibranches s'observent encore dans la partie inférieure de cette zone.

Ainsi, dans le Lias de la bordure orientale du Bassin de Paris, les couches à Posidonomyes ou schistes à *S. Bronni* ne caractérisent pas exclusivement le Toarcien inférieur, comme on le pensait jusqu'ici. Ces Lamellibranches sont simplement caractéristiques des faciès schisteux (= marnes feuilletées) du Toarcien; et ils se retrouvent chaque fois que les marnes ou argiles font place aux schistes, *quelle que soit la zone paléontologique*.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension, les faciès et les faunes de l'Argovien dans les Chaînes provençales*. Note de M. **Antonin Lanquine**, présentée par M. Ch. Jacob.

J'ai mentionné (¹) la situation ou la présence de l'Argovien en divers points des Chaînes provençales en indiquant surtout les connexions de cet étage avec les termes sous-jacents de la Série jurassique. Sous la désignation d'Oxfordien, plusieurs auteurs ont autrefois reconnu, en Provence, des caractères lithologiques locaux de ce terrain et ont énuméré quelques espèces fossiles de certains gisements. Ce sont L. Collot pour la vallée de Vauvenargues, J. Repelin pour la chaîne de la Nerthe, W. Kilian et A. Guébhard pour le SW des Alpes-Maritimes.

Les recherches que je poursuis depuis longtemps sur les terrains jurassiques des Chaînes provençales me conduisent à une mise au point en ce qui concerne spécialement l'Argovien. Il est possible, en effet, de préciser actuellement l'extension de ce terme, les faciès qu'il présente et, en relation avec cette dernière notion, les faunes qui le caractérisent.

1° Dans la *région varoise méridionale*, aucun Argovien n'apparaît soit entre le Bathonien supérieur calcaire et les Dolomies néojurassiques, soit entre le Callovien marneux et les calcaires compacts séquaniens.

2° Dans les parties hautes des *régions varoises septentrionale* et *orientale*, en partant des limites nord du Cadre subalpin et en les suivant vers l'Est, l'Argovien forme une ligne d'affleurements jalonnée ainsi : entaille de la

(¹) Antonin Lanquine, *Le Lias et le Jurassique inférieur des Chaînes provençales* (*Bull. Ser. Carte géol. Fr.*, 32, n° 173, 1929).

clue de l'Asse à Chabrières, montagne du Serre de Montdenier, clue de Saint-Pierre près Taulanne, chaînons traversés par le Verdon entre Rougon, Villars-Brandis et Eoulx, abrupts du Teillon, signal de Peyroules, flancs sud du Cheiron jusqu'à la basse vallée de l'Estéron. Des caractères lithologiques à peu près constants marquent cet Argovien. Ce sont des calcaires et des calcaires marneux, en bancs minces, facilement délitables, de teinte gris très clair ou jaune verdâtre, d'aspect grumeleux sur les surfaces dénudées, avec des enduits verdâtres dus à des disséminations plus ou moins régulières de glauconie. En tous les points indiqués ci-dessus, la partie médiane des couches argoviennes, généralement peu épaisses, recèle de beaux gisements fossilifères. Je n'envisagerai ici que les faunes d'Ammonites caractéristiques : *Phylloceras* (*Sowerbyceras*) *protortisulcatum* Pomp. et *tortisulcatum* d'Orb., des *Perisphinctes* nombreux parmi lesquels P. *plicatilis* Sow. sp., *Kiliani* de Riaz, *variocostatus* Buckl. sp., *indogermanus* Waag., *colubrinus* Rein. sp., *convolutus* Quenst. sp., *virguloides* Waag., *lucingensis* E. Favre, *Æneas* Gemm. sp., *mazuricus* Buk., *Luciæ* de Riaz, *Wartæ* Buk., *Pralairei* Favre, *birmensdorfensis* Mœsch ; — *Peltoceras Toucasi* d'Orb. sp. et sa variété *Riazi* de Gross. ; — *Aspidoceras Œgir* Opp., *perarmatum* Sow. sp., *Tietzei* Neum. ; — *Ochetoceras canaliculatum* v. Buch sp., *arolicum* Opp. sp., *subclausum* Opp. sp. ; — *Taramelliceras callicerum* Opp. sp., *Anar* Opp. sp., *Bachi* Opp. sp., etc. Fait remarquable : les *Phylloceras* signalés sont particulièrement abondants aux deux extrémités de la ligne indiquée, à Chabrières et sur les flancs sud du Cheiron, dans une formation relativement plus épaisse et très glauconieuse. Les *Ochetoceras* sont peu fréquents en ces deux points mais sont, au contraire, nombreux, avec une faible proportion de *Phylloceras*, dans des calcaires moins glauconieux, au Serre de Montdenier, sur le bord le plus externe des chaînes refoulé vers l'Ouest.

Aux confins de la région varoise septentrionale et de celle du bas Verdon, quelques affleurements valent d'être mentionnés : dans le chaînon de Bauduen, puis au-dessous du Signal d'Aiguines et sur la bordure sud du Grand Plan de Canjuers, ce dernier dans un endroit non signalé encore. Les calcaires sont ici comparables à ceux du Serre de Montdenier, avec peu de glauconie et quelques bancs grumeleux. Des *Phylloceras* relativement peu nombreux, mais des *Ochetoceras* et des *Taramelliceras*.

Venons maintenant au sud de la région varoise septentrionale. J'ai reconnu plusieurs gisements épars dans les chaînons entre Barjols et Tavernes, et j'ai exploré ceux de la Grande Blaque et de Bury entre

Varages et Montmeyan. Ici, le faciès diffère. Très peu ou pas de glauconie dans des calcaires, plus compacts, en bancs plus résistants, de teinte blonde ou beige clair, avec quelques enduits rougeâtres par places. La faune ammonitique montre une prédominance nette des *Perisphinctes*, des *Ochetoceras*, des *Taramelliceras* sur les *Phylloceras*. Ce sont les mêmes formes que celles mentionnées plus haut avec quelques autres espèces des deux premiers groupes.

De semblables caractères lithologiques se retrouvent sur les affleurements argoviens du chaînon de Montmajor et des environs de Rians et de Ginasservis, avec rareté des *Phylloceras*; présence de quelques *Cardioceras* (*alternans* v. Buch sp., *tenuiserratum* Opp. sp., *tenuicostatum* Nik. sp.); de quelques *Creniceras* (*lophotum* Opp. sp., *crenatum* Brug. sp.); fréquence des *Taramelliceras*.

3° Les mêmes caractères paléontologiques se rencontrent dans les *chaînes des environs d'Aix* pour l'Argovien du bord sud du Plan de Lorgue et du Gros Baou, au-dessus de la vallée de Vauvenargues. Ce sont maintenant des calcaires gris, plus ou moins grumeleux avec quelques parties marneuses et des traces glauconieuses. Une faible proportion de *Phylloceras*. D'abondants *Perisphinctes* avec quelques formes spéciales (*P. frickensis* Moesch sp., *varians* Jos. Oppenheim.). Des *Cardioceras*, de nombreux *Ochetoceras* et *Taramelliceras*.

4° Dans les *chaînes du pourtour de Marseille*, la coupe du Jurassique supérieur de Septèmes montre un Argovien calcaire, en bancs épais, de teinte beige clair ou blond, rappelant le faciès des environs de Barjols. Des *Perisphinctes* surtout (*P. plicatilis* Sow. sp., *Kreutzi* Siem, *Elisabethæ* de Riaz, etc.). Dans un ravin de la chaîne de la Nerthe, j'ai recueilli sur des bancs calcaires analogues, un grand exemplaire de *Perisphinctes variocostatus* Buckl. sp.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Observations sur* Sorbus aria *Crantz*.

Note de Mlle **Lucienne George**, présentée par M. L. Blaringhem.

L'alisier blanc, arbre *plutôt calcicole*, à branches étalées dressées, présente des *écotypes saxicoles* à l'état de buissons. Rameaux courts et rameaux longs, ainsi que leurs feuilles, ont la même structure, qu'ils proviennent de souches ou de rejets. La vigueur du rameau n'influe pas sur les détails anatomiques, sauf en ce qui concerne les sacs à tanins, toujours plus abon-

dants dans les feuilles et les rameaux les plus vigoureux et les plus ensoleillés. Les tanins présentent les mêmes caractères que dans *Sorbus tominalis* (¹).

Tige jeune. — L'épiderme étant fortement tomenteux, l'écorce est alors couverte d'un duvet floconneux. L'*unique phellogène* ne tarde pas à s'installer dans l'épiderme, de sorte que la paroi externe des cellules épidermiques s'exfolie; la surface des rameaux est alors lisse, brune, L'hypoderme comprend 8 à 10 assises collenchymateuses entièrement tannifères, passant insensiblement à 5 à 6 assises parenchymateuses dont certaines cellules sont tannifères et dont quelques-unes contiennent un oursin d'oxalate. Un endoderme régulier entoure une quinzaine de faisceaux scléreux péricycliques (²).

Le phloème jeune comprend des tubes criblés avec cellules annexes, du parenchyme libérien formé de longues files de cellules qui, en coupe longitudinale, sont deux fois plus larges que hautes, des rayons médullaires unisériés ou bisériés fortement tannifères, des fibres allongées à terminaisons arrondies, à lumen très étroit, régulier, et parfois accompagnées de fibres cloisonnées ou stegmates à cristaux clinorhombiques d'oxalate de calcium.

Le xylème est riche en gros vaisseaux réticulés, parfois spiralés, séparés par des fibres passant à des trachéides, et des trachéides à ponctuations aréolées, les unes avec aréole à fente verticale, d'autres à fente oblique ou horizontale. Le protoxylème est entouré de sacs à tanins à parois épaisses, ces formations se continuant entre les faisceaux libéro-ligneux primaires.

La zone périmédullaire est formée de grosses cellules vivantes, remplies de tanins ou d'amidon, à parois épaisses, canaliculées. Quelques rares éléments analogues sont disséminés parmi les cellules mortes à parois minces de la moelle centrale, dont quelques-unes contiennent un oursin d'oxalate. Aux nœuds, les cellules vivantes sont beaucoup plus abondantes.

Tige âgée. — Il n'y a qu'un phellogène, épidermique (tandis que chez l'Alisier torminal apparaissent d'autres assises subéreuses, déterminant la formation d'un rhytidome assez précoce, à petites écailles en partie caduques). La surface du rameau reste lisse, devient gris brun; il n'y a pas

---

(¹) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 498.

(²) Toutes les coupes ont été effectuées aux mêmes niveaux que pour *Sorbus torminalis*, et je n'indique que les caractères appartenant au patrimoine héréditaire.

de rhytidome; les lenticelles sont grosses, saillantes. Tardivement il se forme des crevasses longitudinales peu profondes.

Le phloème âgé est caractérisé par une déformation plus ou moins marquée de tous les éléments parenchymateux, à cause de la poussée du bois, et par la présence de nombreuses cellules pierreuses (scléréides), à parois fortement canaliculées, lignifiées, dans sa zone périphérique. Ces éléments de nouvelle formation deviennent de plus en plus nombreux avec l'âge et se trouvent soit isolés, soit groupés, dans des espaces formés par écartement de cellules parenchymateuses.

Le bois est traversé par des rayons médullaires à une ou deux files de cellules ponctuées, tannifères, ne présentant pas d'hypertrophies locales.

Feuille. — Le pétiole très fortement tomenteux, reçoit de la tige trois faisceaux libéro-ligneux. La caractéristique présente un arc scléro-libéro-ligneux en croissant avec, au-dessus de chaque branche du croissant, un petit faisceau scléro-libéro-ligneux. Tous les tissus du pétiole ont les mêmes caractères que dans *Sorbus torminalis*. L'épiderme supérieur du limbe est formé de grandes cellules, à cuticule épaisse, à parois rectilignes, avec, au niveau des nervures, quelques rares stomates en voie de formation, mais n'arrivant jamais à leur complet développement. Les nervures secondaires sont fortement saillantes sur la face inférieure; les nervures tertiaires et d'ordres inférieurs sont réduites à quelques vaisseaux spiralés et à des tubes criblés accompagnés de très nombreux stegmates et se trouvent à la limite entre les deux assises de parenchyme palissadique et les deux assises de parenchyme lacuneux. L'épiderme inférieur, très sinueux, très fortement pilifère est formé de cellules trois fois plus petites que celles de l'épiderme supérieur. Ces cellules, vues de face, ont des bords recticurvilignes, tandis que dans *Sorbus torminalis* ils sont très sinueux. Les stomates présentent cinq cellules annexes disposées irrégulièrement; les poils prennent naissance au fond de creux entourés par cinq à six cellules épidermiques.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Corrélation entre la température de l'air et la vitesse de la croissance de la Vigne.* Note [1] de M. **J. Dufrenoy**, présentée par M. L. Mangin.

On sait qu'il existe une corrélation entre la durée du cycle de végétation d'une plante et les sommes de température de l'air : cette corrélation a récemment été définie pour le Cotonnier [2].

Il existe aussi, entre la température de l'air et la vitesse de croissance des autres végétaux, une corrélation étroite et directe que Lebenhauer puis Shirley ont fait connaître pour le Maïs [3] et que Geslin a définie pour le Blé [4].

Nous nous sommes proposé d'étudier cette corrélation pour la Vigne.

A la Station d'avertissements agricoles du Sud-Ouest, les observations pour la Vigne sont les suivantes : la courbe construite en portant sur l'axe des X, les périodes de 24 heures séparant les mesures biométriques et, sur l'axe des Y, l'élongation moyenne correspondante déduite de la mensuration de dix sarments, suit exactement avec un léger retard, la courbe de la température moyenne.

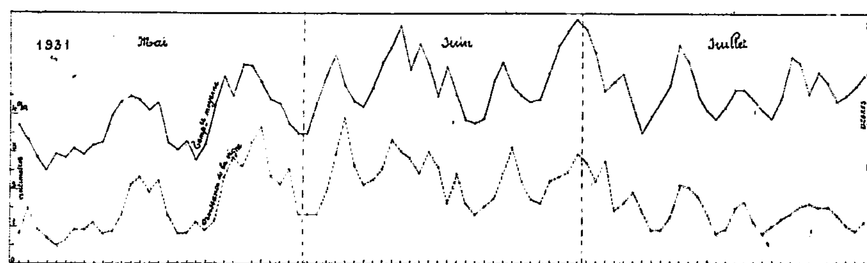


Fig. 1.

La corrélation entre l'élongation moyenne des sarments (de 9h à 9h), et la température moyenne du nycthémère correspondant (de minuit à minuit) est définie, pour chacun des trois mois de la croissance active, par un coefficient de corrélation que nous avons trouvé égal à $r = 0{,}962 \pm 0{,}042$

(1) Séance du 8 février 1932.

(2) Mirochnitchenko, *La Météorologie*, nouvelle série, 6, 1930, p. 58-63.

(3) H. L. Shirley, *Amer. Journ. Bot.*, 18, 1931, p. 725.

(4) Geslin, *Ann. agronomiques*, I, v, 1931, p. 695-723.

pour mai, $r = 0,969 \pm 0,006$ pour juin et $r = 0,971 \pm 0,011$ pour juillet.

Cette corrélation peut être représentée graphiquement pour chaque jour du mois par un point ayant, pour abscisse, la température moyenne de ce jour, et pour ordonnée, l'élongation moyenne correspondante.

Les points ainsi définis se distribuent autour d'une droite moyenne figurée sur le graphique 2 avec des écarts qui sont définis par une déviation

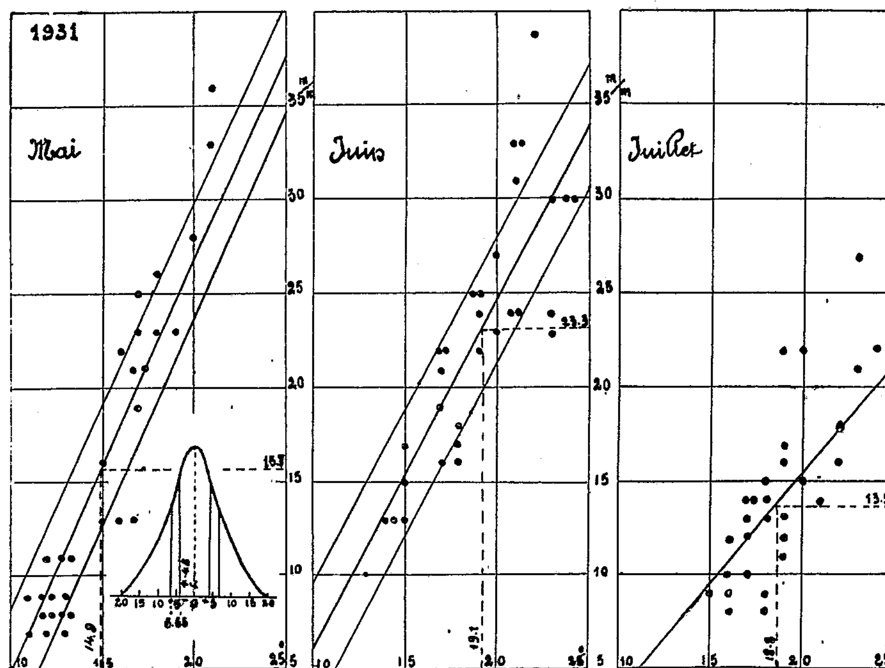


Fig. 2.

étalon, dont la valeur est 6^{mm},65 pour mai, 8^{mm} pour juin. La répartition des écarts autour de la droite moyenne est figurée, pour le mois de mai, par la courbe de Gauss dessinée sous la droite moyenne.

La pente de la droite moyenne a été trouvée égale à 2,25 pour le mois de mai, à 1,85 pour le mois de juin et à 1,13 pour le mois de juillet, ce qui signifie que, pour une augmentation de température de 10°, la vitesse moyenne d'élongation de la Vigne est triplée en mai, qu'elle devient deux fois et demi plus grande en juin et double en juillet.

CRYPTOGAMIE. — *Morphologie et cycle évolutif des* Actinomyces. Note de M. **L. Grigorakis**, présentée par M. L. Mangin.

A. Les Champignons et les Bactéries parasites des animaux semblent, au cours de leur parasitisme, assimiler des substances lipoïdiques qui s'accumulent dans leur membrane et constituent une sorte de coque ou capsule. D'autre part, les formes végétatives paraissent diminuer à l'avantage d'une sporulation *schizogonique* qui s'effectue par une sorte de rétraction du cytoplasme en masses de *grosseur inégale* et qui semble être une des causes de la variabilité de la virulence (*Anisoschizogonie*).

B. Dans le cas du vaccin typhique (Vincent), un contact de 5 heures avec l'éther sulfurique est nécessaire pour tuer le bacille d'Eberth. Le traitement des cultures par cet éther pendant un temps limité, variable selon la virulence de celles-ci, paraît détruire les substances lipoïdiques de la membrane et permettre la survivance des cultures. Néanmoins, il nous semble nécessaire de traiter les spores des vieilles cultures, car les formes végétatives sont détruites plus facilement. Nous excluons dans nos expériences sur les *Actinomyces* pathogènes une contamination, car en dehors des deux espèces traitées nous n'avions pas d'autres cultures et depuis 15 ans nous n'avons jamais observé d'*Actinomyces* évoluant spontanément. En effet, les *Actinomyces Bovis*, et *Asteroides*, traités à l'éther pendant 20 minutes, nous ont permis d'obtenir des cultures d'un *Actinomyces* du groupe *albus*.

C. Nous avons constaté, contrairement à la notion classique de l'influence des réensemencements successifs sur les cultures, que les milieux glycérinés (Nocard et Roux, 1887) conservent les formes acido-résistantes des bacilles de Koch. Il résulte d'une quinzaine de milieux que nous avons préparés à base de glycérine : 1° que la glycérine dans une proportion de 12 pour 100 inhibe le développement de la culture; 2° la proportion de 6 pour 100 semble la meilleure; 3° la gélose à 1,4 pour 100 au lieu de 1,8 pour 100 est plus favorable, le milieu étant moins sec, la croissance plus rapide; 4° on peut ajouter à la glycérine du maltose ou du glucose à 3 pour 100, bien que ces sucres ne semblent pas indispensables; 5° la peptone est nécessaire, des petites quantités ($0^g,50$ C.) suffisent, tandis que par contre les hautes doses (3^g pour 100) semblent superflues.

D. La souche d'*Actinomyces*, traitée par l'éther et ensemencée dans un

milieu de glycérine et peptone gélosé dont nous venous de décrire la composition, donne pendant les dix premiers jours une végétation d'aspect crémeux, très visqueux, formant une pellicule difficilement détachable et constituée par des filaments très minces, de $0^{\mu},5$ environ de largeur. Vers le quinzième jour, des points blancs apparaissent sur le milieu, ce qui correspond à une transformation importante, car les premiers filaments minces n'offrent pas de conidies, tandis que la partie blanche centrale, écailleuse, qui envahit petit à petit toute la culture, présente des filaments deux à trois fois plus gros et un grand nombre de conidies. L'étude par prélèvement et écrasement de la pellicule crémeuse située entre les bords de la culture et la partie blanche centrale nous a permis de constater les faits suivants. Les filaments isolés au début du développement, qu'on peut observer aussi dans les milieux sucrés, subissent en milieu glycériné une agglutination par paquets ou par véritables masses, dont les diamètres varient de 5^{μ} à 50^{μ} environ. Si l'on écrase entre lame et lamelle et qu'on examine à sec, on observe un grand nombre de débris végétatifs, puis des masses cytoplasmiques (symplasmes) peu réfrigérentes, peu visqueuses, difficilement colorable : celles-ci sont petites, de formes allongées ou même granulaires et ayant une tendance à s'agglomérer, parfois plus grosses (3 à 5^{μ} de large et de 10 à 30^{μ} de long). Certaines, orbiculaires, ont un diamètre de 2 à 10^{μ}; leurs parois sont irrégulières, échancrées, dentelées. L'aspect de ces masses persiste longtemps, limpide, peu dense, à peine visqueux, sans granulation, ayant une faible réfringence et ressemblant à un *cytoplasme régénéré*. Ces masses symplasmiques ou géantes ont été placées en cultures sur cellules de Van Tieghem et Le Monnier et suivies sous le microscope à 20 ou 35°. Leur évolution lente et leur grosseur semblent en proportion avec les masses cytoplasmiques qui survivent à la destruction des filaments agglutinés. Chaque masse présente certaine opacité, ses bords se rétractent et l'ensemble de la masse symplasmique paraît produire un réseau qui se révèle par son opacité; celui-ci finit par constituer un grand uombre de spores (bacilles) qui se tiennent accolées les unes aux autres, ou plus rarement s'isolent. La quantité de ces spores bacilles produite par une masse est double ou triple et il semble s'effectuer un véritable phénomène *sporogonique*. Ce sont ces spores bacilles qui germent en se gonflant, soit isolément, soit en s'anastomosant sans que l'on puisse certifier qu'il y ait fusion protoplasmique.

E. L'agglutination semble correspondre à une évolution normale vers des formes sporogoniques à la suite d'un épuisement prononcé du cytoplasme

occasionné : soit à la suite du traitement des cultures par l'éther, ce qui semble accentuer les échanges nutritifs du cytoplasme à la suite de la destruction de la barrière lipoïdique, soit du fait d'une nutrition plus active dans les milieux à base de glycérine plus facilement dialysable que les sucres. L'agglutination peut correspondre à une lyse si le cytoplasme microbien survivant à la dégénérescence n'est pas quantitativement suffisant pour produire des formes sporogoniques. Dans l'agglutination expérimentale, l'arrêt de la végétation des bacilles et leur épuisement paraissent découler de la saturation du milieu par les propres toxines du bacille et non par une action humorale.

CHIMIE VÉGÉTALE. — Pelvetia canaliculata *Dec. et Thur. source de l-fucose*. Note de MM. **H. Colin** et **P. Ricard**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le fucose a été signalé dans plusieurs espèces de Fucacées (¹), *Fucus serratus*, *vesiculosus*, *nodosus* (*Ascophyllum nodosum*) (²); il existe, dans ces algues, à l'état de produits de condensation qui font partie des parois cellulaires. Mais toutes les Phéophycées n'ont pas leurs membranes ainsi constituées; les Laminaires, en particulier, du moins *Laminaria flexicaulis* et *saccharina* que nous avons étudiées (³), ne nous ont jamais donné de fucose.

Parmi les Algues brunes que nous avons examinées pour leur teneur en fucose, *Pelvetia canaliculata* mérite de retenir l'attention. Cette espèce croît en touffes, sur les rochers, à la limite supérieure des marées; elle n'est baignée que peu de temps et parfois même reste découverte pendant plusieurs jours aux périodes de morte-eau. Le thalle, issu d'un disque coriace adhérent au support, est constitué par des frondes planes, canaliculées sur une face et ramifiées dichotomiquement, d'une longueur maximum de 15^{cm}.

L'algue en question, très riche (45 pour 100) en matière sèche, ne renferme ni sucre libre ni laminaroside, mais seulement un peu (2, 5 pour 100) de mannitol (⁴). Hydrolysée par les acides étendus (SO^4H^2 à 2 pour 100,

(¹) Günther et Tollens, *Ber. D. chem. Ges.*, 23, 1890, p. 2585, et *Liebigs Ann.*, 271, 1892, p. 86,

(²) Clark, *J. biol. Chem.*, 54, 1922, p. 65.

(³) Ricard, *Ann. Inst. Océan.*, 8, 1930, p. 108.

(⁴) H. Colin et P. Ricard, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1514.

120°, 1 heure), après épuisements successifs par l'alcool, par l'eau pure et par l'eau légèrement alcaline, elle donne une liqueur réductrice et assez fortement lévogyre ($[\alpha]_D = -55°$, p étant évalué en glucose et par réduction). Le rendement est de 4 à 5 de sucre réducteur pour 100 de thalle frais.

C'est le fucose qui confère au milieu son signe optique; il est facile de l'obtenir cristallisé. Pour cela les liqueurs d'hydrolyse sont neutralisées par CO^3Ba, filtrées, concentrées en sirop et épuisées par l'alcool absolu. L'extrait alcoolique, additionné de phénylhydrazine telle quelle, suivant les indications de Clark, cristallise, à la glacière, en un feutrage de fines aiguilles. Le précipité, essoré, lavé à l'alcool absolu et à l'éther, est très soluble dans la pyridine; desséché, il fond, au bloc, à 172-177°, suivant son degré de pureté. Ce sont là les caractères de la fucose-hydrazone.

Nous en avons régénéré le sucre par action de l'aldéhyde benzoïque, suivant la méthode classique. Le produit ainsi obtenu, plusieurs fois recristallisé dans l'alcool fort, se présente sous forme d'aiguilles, de saveur sucrée, fondant à 145°; il est doué de mutarotation positive, son pouvoir rotatoire limite, en solution aqueuse, étant égal à $-75°$; traité par HCl à 12 pour 100, il donne du méthylfurfurol en abondance. Son osazone, à partir de l'hydrazone additionnée d'acétate de phénylhydrazine, cristallise en longues baguettes prismatiques fondant à 177-178° [1]. Il s'agit donc bien du *l*-fucose.

Ce mode de préparation, après élimination préalable de l'algine par l'eau alcalinisée, nous a donné les meilleurs résultats; il est préférable d'opérer de la sorte plutôt que de soumettre l'algue à l'hydrolyse après simples lavages à l'eau chlorhydrique et à l'eau pure. On doit seulement prendre garde de débarrasser la pulpe de l'alcali qu'elle retient énergiquement; il suffit, pour cela, de la rincer à l'eau acidulée (pH = 4,5).

Le thalle de *Pelvetia* livre, dès la première hydrolyse, la quasi-totalité du fucose qu'il renferme implicitement. Un second traitement, identique au premier, ne fait plus apparaître qu'une faible quantité de sucre réducteur dont le pouvoir rotatoire ne descend pas au-dessous de $-40°$. Le résidu, toujours abondant, brun foncé, non cellulosique, est ce que Stanford a désigné sous le nom d'algulose.

Le fucose n'est d'ailleurs pas le seul ose mis en liberté au cours de l'hydrolyse; les liqueurs sont loin d'être aussi lévogyres que les solutions de fucose de même teneur en sucre. Par épuisements successifs des sirops à l'alcool

(1) Votocek, *Ber. D. chem. Ges.*, 37, 1904, p. 3859.

à 100°, 90°, 80°, on obtient des mélanges de moins en moins lévogyres. Les derniers, traités par la phénylhydrazine acétique, laissent déposer, à chaud, une osazone insoluble dans l'alcool méthylique, fondant au-dessus de 225°, la fucosazone précipitant, à son tour, par refroidissement. La présence d'un hexose à pouvoir rotatoire positif ne paraît donc pas douteuse, mais nous n'avons pas encore réussi à l'isoler à l'état de pureté. Peut-être s'agit-il du mannose qui vient d'être caractérisé, de façon certaine, à côté du fucose, dans les produits d'hydrolyse de *Fucus vesiculosus* [1].

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence d'une oxydase des lipides ou lipoxydase dans la graine de soja*, Glycine soja *Lieb.* Note de MM. **Émile André** et **Kiawo Hou**, présentée par M. M. Delépine.

Les populations chinoises préparent, en broyant avec de l'eau les graines de soja, soumises à un trempage préalable, une émulsion ou lait de soja dont on sépare, par filtration à travers une toile, les débris cellulaires en suspension. Le lait de soja ou Teau-jou est porté à l'ébullition et additionné d'un peu de sel gris lorsqu'il est à peu près refroidi. Il s'en sépare un coagulum ou fromage de soja qu'on égoutte et qui reçoit le nom de Teau-fou.

Nous avons étudié comparativement l'huile extraite par dissolvant (éther) des graines de soja entières, broyées à sec, et l'huile qui a été retirée : 1° du fromage de soja ou Teau-fou; 2° du résidu de fabrication du lait de soja. Ces deux substances ont été pressées, séchées à l'étuve à 40° et finalement épuisées par l'éther.

On trouvera dans le tableau ci-dessous les principaux caractères physiques et chimiques des trois sortes d'huile ainsi obtenues :

				Indice			
Huile de	Teneur en huile.	Densité à 15°.	n_D^{20}.	d'iode (Hanus).	d'acétyle (André).	de saponification.	d'acidité.
Graines...........	16 %	0,9276	1,4750	130	5,5	194	2,6
Teau-fou desséché..	27,7	0,9268	1,4748	130	6,9	193	1,6
Résidu desséché....	7,5	0,9388	1,4754	110	27,1	200	6,8

Nous avons été frappés de suite par le fait que l'huile extraite du résidu de fabrication présentait des différences marquées avec l'huile extraite des

(1) Manske, *J. biol. Chem.*, 86, 1930, p. 571.

graines et celle extraite du Teau-fou. Ces deux dernières ne diffèrent que fort peu l'une de l'autre. L'huile de résidu, au contraire, a pris en très peu de temps toutes les apparences d'une huile qui aurait été oxydée à chaud par insufflation d'air (huiles épaissies ou soufflées). Sa densité est plus élevée, son indice d'iode plus bas et son indice d'acétyle est de 27,1 au lieu de 5,5 et 6,9 pour les huiles de graines entières et de Teau-fou.

Comme le lait de soja avait été soumis à l'ébullition avant d'être coagulé, nous avons pensé que les modifications de l'huile contenue dans le résidu qui n'avait pas subi le même traitement pouvaient être dues à des actions fermentaires. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons procédé aux expériences suivantes :

1° Nous avons prélevé sur place du résidu de fabrication du lait de soja aussitôt la fabrication terminée et nous l'avons jeté, séance tenante, dans l'eau bouillante. L'ébullition a été maintenue quelques instants et le résidu cuit fut séparé par décantation et filtration sur toile.

2° Nous avons prélevé une autre quantité de résidu qui n'a pas été soumise à l'action de l'eau bouillante. Après l'avoir exprimée, nous l'avons étalée dans de grandes cuvettes photographiques et abandonnée à l'air, une moitié pendant deux jours et l'autre pendant quatre jours. Le produit était encore humide et la température ambiante était de 10° à 12°.

Ces divers échantillons ont été finalement séchés et dégraissés dans les mêmes conditions que le résidu étudié dans notre première expérience. Nous avons fait figurer dans le tableau ci-dessous les résultats des déterminations physiques et chimiques qui ont été faites sur les divers échantillons d'huiles extraites des résidus ainsi traités :

			Indice			
Huile de	Densité à 15°.	$n_D^{15°}$.	d'iode. (Hanus).	d'acétyle. (André).	de saponification.	d'acidité.
Résidu cuit........	0,9303	1,4751	128	7,6	192	2,3
Résidu non cuit abandonné (2 jours)...	0,9418	1,4760	110	32,1	200	4,4
(4 jours)...........	0,9472	1,4764	104	39,6	207	9,9

Comme on peut le constater : l'huile de résidu traité par l'eau bouillante diffère à peine de l'huile de graine entière et de l'huile de Teau-fou. Les propriétés des huiles extraites du résidu non bouilli ont subi des modifications qui indiquent la présence : 1° d'un ferment de dédoublement des lipides dont l'existence dans les graines oléagineuses a été reconnu depuis longtemps; 2° d'un ferment oxydant dont l'action s'est traduite par une

élévation de la densité et de l'indice d'acétyle accompagnée d'un abaissement de l'indice d'iode.

L'existence de semblables ferments oxydants dans les graines oléagineuses ne paraît pas avoir été nettement observée jusqu'ici. Nous proposons de leur donner le nom de *lipoxydases*.

PHYSIOLOGIE. — *La vie en milieu confiné. Protection contre les gaz de guerre.* Note de M. **Marcille**, présentée par M. Charles Richet.

Je montre de nouveau à l'Académie le modèle perfectionné plus petit et plus léger de l'appareil présenté le 26 janvier 1931.

Après bien des essais, nous avons pu constater :

1° que les milieux contenant plus de 1 pour 100 d'acide carbonique ne permettent pas l'euphorie respiratoire;

2° qu'avec de la soude solide il y a une absorption insuffisante d'acide carbonique;

3° qu'une solution de soude à 1 pour 100 suffit et est à peine caustique. L'absorption est facilitée si l'on fait passer la solution sodique à travers un filtre de crin.

Il est non seulement facile de faire vivre un individu dans un milieu confiné, mais encore des groupes d'hommes, une vingtaine d'hommes par exemple, absolument comme dans un sous-marin.

Si en effet on construit une vaste cloche en béton (hermétiquement close) avec de l'oxygène et une solution sodique en quantité suffisante, on met ces vingt personnes à l'abri des éclatements et des gaz toxiques.

PHYSIOLOGIE. — *Variations de la teneur des muscles striés en sodium et en potassium sous l'influence d'un régime exclusivement privé de vitamine antiscorbutique*. Note de M[me] **L. Randoin** et M[lle] **A. Michaux**, présentée par M. E. Leclainche.

La mise en évidence, chez le Cobaye scorbutique, d'une *rétention chlorurée* dans le sérum sanguin (¹) et surtout *dans le tissu musculaire* (²), (³),

(¹) M[me] L. Randoin et M[lle] A. Michaux, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1378.

(²) M[me] L. Randoin et M[lle] A. Michaux, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 108.

(³) M[lle] A. Michaux, *Bull. Soc. Hyg. alim.*, **19**, 1931, p. 117.

nous a amenées à rechercher sous quelle forme le chlore est retenu dans l'organisme qui reçoit un régime déséquilibré par absence de vitamine C.

Nous avons montré récemment que les quantités de sodium et de potassium éliminées par les reins diminuent dans de fortes proportions, que les teneurs en sodium tendent à s'élever dans le sang, et que les teneurs en potassium, au contraire, s'abaissent nettement dans le milieu intérieur (¹).

Il nous restait à déterminer parallèlement les *variations de la teneur du tissu musculaire en sodium et en potassium.*

Technique. — Nous avons opéré sur quatre lots de Cobayes mâles :

Lot I : Cobayes recevant une ration naturelle, complète et équilibrée : mélange de choux, carottes, son, pommes de terre cuites.

Lot II : Cobayes recevant un régime artificiel complet et équilibré.

Lot III : Cobayes recevant ce même régime artificiel, uniquement dépourvu de vitamine C ou antiscorbutique [régime scorbutigène de L. Randoin (²)].

Lot IV : Cobayes recevant uniquement de l'eau distillée.

Comme dans le précédent travail, le sodium a été dosé à l'état d'acétate triple d'uranium, de magnésium et de sodium par la méthode de Blanchetière (³), modifiée par Laudat (⁴), et le potassium a été précipité à l'état de nitrite sodico-cobaltico-potassique, selon le procédé de Kramer et Tisdall, l'acide nitreux étant dosé à la fin par le permanganate de potassium.

Les nombres obtenus sont groupés dans le tableau suivant :

	Muscles (poids frais).			Muscles (poids secs).	
Jours d'expérience.	Eau p. 1000g.	Sodium p. 1000g.	Potassium p. 1000g.	Sodium p. 1000g.	Potassium p. 1000g.
	Cobayes recevant le régime naturel (lot I).				
	770,04 g	0,257 g	4,335 g	1,130 g	18,829 g
	792,80	–	4,572	–	22,055
	781,58	0,609	3,908	2,792	17,901
	794,03	0,328	4,380	1,602	21,265
	774,45	0,591	4,610	2,615	20,439
	771,86	0,465	4,155	2,016	18,190
	774,09	0,467	4,255	2,080	18,812
Moy....	779,83	0,453	4,316	2,039	19,641

(¹) Mme L. Randoin et Mlle A. Michaux, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 565.

(²) Voir Notes précédentes, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1276, et **194**, 1932, p. 565.

(³) A. Blanchetière, *Bull. Soc. chim.*, **33**, 1923, p. 807.

(⁴) M. Laudat, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **10**, 1928, p. 757.

Jours d'expérience.	Muscles (poids frais). Eau p. 1000g.	Sodium p. 1000g.	Potassium p. 1000g.	Muscles (poids secs). Sodium p. 1000g.	Potassium p. 1000g.
Cobayes recevant le régime artificiel complet (lot II).					
20e........	773,40	0,415	4,319	1,809	19,064
26e........	783,99	0,505	4,000	2,314	18,517
30e........	771,76	0,459	4,607	2,015	20,198
34e........	780,15	0,421	4,262	1,910	19,376
38e........	767,58	0,478	4,367	2,065	18,800
47e........	785,33	0,400	3,840	1,863	17,887
56e........	780,86	0,615	4,313	2,783	19,667
62e........	774,10	0,476	3,941	2,124	17,441
Moy....	**777,15**	**0,471**	**4,206**	**2,110**	**18,869**
Cobayes recevant le régime scorbutigène (lot III).					
Début de l'expérience.	776,84	0,643	4,045	2,867	18,103
	783,70	0,620	3,331	2,866	15,395
Symptômes légers.	789,38	0,775	3,274	3,655	15,525
	783,46	0,872	3,159	4,026	14,593
Moy....	**786,42**	**0,823**	**3,216**	**3,840**	**15,059**
Symptômes graves; période prémortelle.	798,66	0,940	3,051	4,668	15,148
	782,39	0,984	3,105	4,503	14,245
	–	1,053	3,699	–	–
	762,85	1,010	3,718	4,258	15,686
	775,05	1,002	2,706	4,445	12,047
	782,69	1,077	2,750	4,508	11,588
	811,45	1,265	–	6,709	–
	786,19	1,315	2,134	6,126	9,962
	806,09	1,807	2,701	9,334	13,923
Moy....	**788,17**	**1,161**	**2,983**	**5,569**	**13,228**
Cobayes soumis à l'inanition hydrique : eau distillée (lot IV).					
5e........	781g,47	0g,559	4g,130	2g,562	18g,899
5e........	782,80	0,748	3,708	3,453	17,081
8e........	773,08	0,742	3,521	3,261	15,512
Moy....	**779,12**	**0,683**	**3,786**	**3,092**	**17,164**

Résultats et conclusions. — I. Chez les Cobayes adultes normaux, que

les animaux reçoivent le régime naturel ou le régime artificiel complet, 1000g de tissu musculaire frais renferment, comme moyenne générale : 778g,5 d'eau, 0g,46 de sodium et 4g,26 de potassium; 1000g de *muscles secs* contiennent 2g,07 de sodium et 19g,25 de potassium.

II. Chez les Cobayes exclusivement privés de vitamine antiscorbutique, les teneurs en eau s'élèvent dans le tissu musculaire (moyennes : 786,4, puis 788,2 pour 1000) et aussi, d'une manière considérable, les teneurs en sodium, qui passent de 0,46 à 0,82, puis à 1,16 pour 1000, atteignant jusqu'à 1,80 au moment où s'aggravent les symptômes du scorbut. Parallèlement, le taux du potassium, qui était en moyenne de 4,26 pour 1000, s'abaisse à 3,22, puis à 2,98. *Pour* 1000g *de poids sec*, on obtient des taux de sodium s'élevant de 2g,1 à 4g, 6g et jusqu'à 9g,3 (moyenne, 5g,6) et des taux de potassium s'abaissant de 19g à 15g, 12g et 10g (moyenne, 13g,2).

III. Chez les Cobayes soumis à l'inanition hydrique, les teneurs des muscles en eau ne changent pas, le taux du sodium s'élève légèrement (jusqu'à 0,68), celui du potassium ne s'abaisse guère (jusqu'à 3,78).

IV. Puisque le chlore et le sodium sont retenus dans l'organisme à peu près en même proportion, c'est vraisemblablement à l'état de chlorure de sodium qu'ils sont fixés dans les muscles des animaux scorbutiques.

Le potassium est entraîné hors de l'organisme principalement par la voie fécale (diarrhées fréquentes) et par le fait des hémorragies (les hématies étant relativement riches en potassium).

L'absence de vitamine C dans le régime détermine donc un enrichissement des muscles en chlore et en sodium, un appauvrissement en potassium.

PHARMACODYNAMIE. — *Action de l'acétylcholine sur les vaso-moteurs du pénis chez le chien.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Charles Richet.

Comme Kuntz [1] l'a récemment rappelé, l'innervation des organes génitaux mâles nous est presque exclusivement connue par des travaux déjà anciens. C'est en effet sur les recherches d'Eckhard [2] et de François-Franck [3] qu'on se fonde d'ordinaire pour admettre que le nerf érecteur

[1] A. Kuntz, *The autonomic nervous system*, p. 295 (Londres, 1929).
[2] C. Eckhard, *Beitr. z. Anatomie u. Physiologie*, 3, 1863, p. 121.
[3] François Franck, *Archives de Physiologie* 5e série, 7, 1895, p. 122.

est un nerf parasympathique dont l'excitation provoque la vaso-dilatation des organes par lui innervés. Cependant Macht (1) a constaté que les poisons parasympathiques sont sans action sur des segments isolés de corps caverneux, de corps spongieux et d'artères dorsales de la verge. En outre Nikulin (2), ayant soumis à la perfusion des verges isolées de chiens, a observé que l'écoulement du flux de perfusion n'est pas modifié par les substances parasympathicotropes. Macht et Nikulin ont donc conclu, de leurs expériences, que, contrairement à l'opinion généralement admise, « les vasomoteurs du pénis doivent appartenir, sinon exclusivement, du moins principalement, à la partie sympathique du système nerveux autonome ».

Antérieurement cependant, Hunt (3) avait prétendu qu'après ligature de l'axe cœliaque, des artères mésentériques et rénales, une injection intraveineuse d'acétylcholine produit une dilatation manifeste de la verge, mais le tracé qu'il a obtenu de ce phénomène ne montre qu'une augmentation très faible, précédée d'ailleurs d'une diminution, du volume de cet organe.

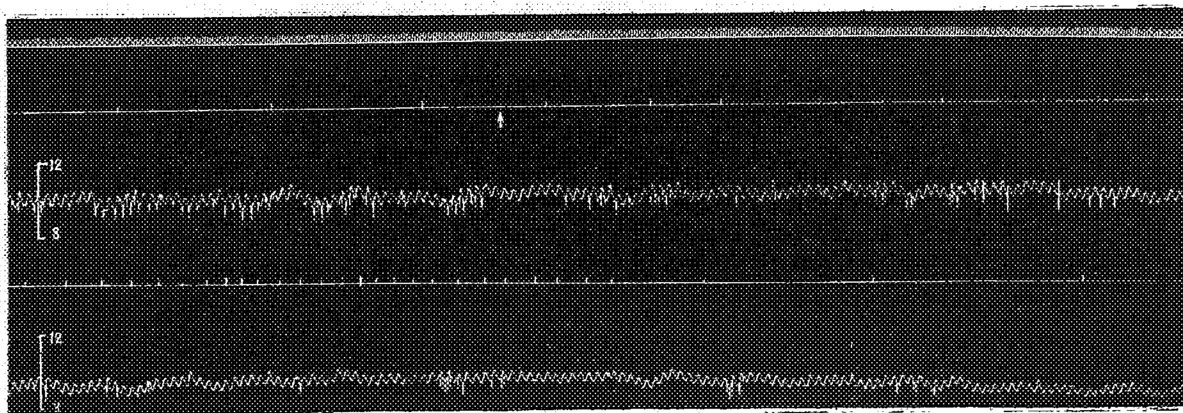
La détermination de la nature de l'innervation pénienne présente un grand intérêt car, comme l'a signalé Schilf (4), « le *N. pelvicus* est bien le seul nerf dont on puisse dire avec certitude qu'il est un nerf dilatateur ».

La technique que nous avons employée pour étudier *in situ* l'action des médicaments sur les vaso-moteurs péniens est la suivante.

Sur un chien anesthésié par le chloralose, ayant ses vagues coupés au cou, soumis à la respiration artificielle et ayant reçu — pour rendre son sang incoagulable — une injection intraveineuse d'environ 10^{cg} de novhirudine (5) par kilo d'animal, on lie une des deux veines dorsales de la verge puis on introduit, dans le bout périphérique de l'autre, une canule de verre reliée par un tube de caoutchouc à un tube de verre dont l'extrémité libre légèrement rétrécie laisse s'écouler le flux veineux sur la pelle d'un compteur de débit très sensible du type Condon (6). En outre on introduit, dans le bout périphérique d'une des artères dorsales de la verge, une canule à mandrin. Comme l'écoulement sanguin de la veine dorsale de la verge est très lent, on remplit préalablement, de soluté physiologique de chlorure de

(1) D. I. Macht, *Proceed. of the Soc. f. exp. biol. a. med.*, 20, 1922, p. 90.
(2) A. Nikullin, *Journal exp. biol. med.*, 9, 1928, p. 335.
(3) R. Hunt, *American Journ. of Physiology*, 45, 1918, p. 228.
(4) E. Schilf, *Das autonome Nervensystem*, p. 113 (Leipzig, 1926).
(5) La novhirudine que nous avons employée a été mise gratuitement à notre disposition par les laboratoires Norgan que nous sommes heureux de remercier.
(6) L'appareil que nous avons utilisé a été construit sur nos indications par le mécanicien du laboratoire de thérapeutique de la Faculté de Médecine : M. Herbrecht.

sodium, la canule, le tube de caoutchouc et le tube de verre qui sont reliés à l'extrémité périphérique de cette veine. En outre on règle le compteur de débit de telle sorte que sa pelle oscille dès qu'elle contient un peu moins de 1^{cm^3} de sang.



Expérience du 27 décembre 1931. Chien de 34^{kg} se trouvant dans les conditions expérimentales indiquées dans le texte. 1re ligne : temps en secondes; 2e et 4e lignes : débit de l'écoulement veineux de la veine dorsale de la verge, chaque trait vertical équivalant à $0^{cm^3},5$ environ; 3e et 5e lignes : variations de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. La 4e ligne continue sans interruption la 2e, et la 5e est la suite immédiate de la 3e. Au point marqué par la flèche, injection dans le bout périphérique de l'artère dorsale de la verge de 1^{mg} d'acétylcholine en solution dans 1^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium. Tracé réduit de moitié.

Le tracé qui accompagne cette Note montre que, dans ces conditions expérimentales, l'injection de 1^{mg} d'acétylcholine dans le bout périphérique de l'artère dorsale de la verge est suivie presque aussitôt d'une augmentation considérable et assez durable de l'écoulement veineux pénien. Après injection dans cette artère d'une quantité assez élevée d'atropine (50^{mg} de sulfate d'atropine), la même dose d'acétylcholine qu'auparavant n'a plus qu'une faible action vaso-dilatatrice. Toutefois, pour que cette même dose d'acétylcholine n'augmente plus du tout l'écoulement veineux pénien, il faut injecter dans l'artère dorsale de la verge une quantité encore plus forte d'atropine (125^{mg} de sulfate de cet alcaloïde).

Nous pouvons donc conclure de nos expériences de perfusion *in situ* de la verge du chien que c'est bien par de la vaso-dilatation que les territoires vasculaires innervés par le nerf érecteur réagissent à l'acétylcholine qui est l'excitant type du vague. L'innervation vaso-dilatatrice des organes génitaux n'est donc pas sympathique mais parasympathique.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les substances fluorescentes de la coquille d'œuf de poule.* Note [1] de MM. H. Bierry et B. Gouzon, présentée par M. A. Desgrez.

Les œufs de la poule présentent, en lumière ultraviolette, une fluorescence rouge plus ou moins intense : la couleur de la zone irradiée varie, suivant la teinte de la coquille, du carmin clair au rouge pourpre foncé. Derrien, qui a signalé ce fait avec Pech, attribue cette fluorescence à la présence, dans la coquille de tous les œufs blancs ou colorés, d'une porphyrine identique à l'ooporphyrine retirée par Hans Fischer des œufs tachetés de divers oiseaux et qui est la protoporphyrine ($C^{36}H^{42}N^4N^4$), substance mère de l'hémoglobine. L'hématoporphyrine ($C^{34}H^{38}N^4O^6$), obtenue par désintégration de cette même hémoglobine, est une porphyrine artificielle différente de la protoporphyrine.

Nous nous sommes demandé si la fluorescence des œufs blancs était bien due à la même porphyrine que celle des œufs colorés, c'est-à-dire à l'ooporphyrine de Fischer et nous avons pensé que l'examen des spectres de fluorescence, déjà employé par Dhéré, constituerait un moyen d'étude précieux pour aborder le problème de l'unité ou de la pluralité des porphyrines de l'œuf.

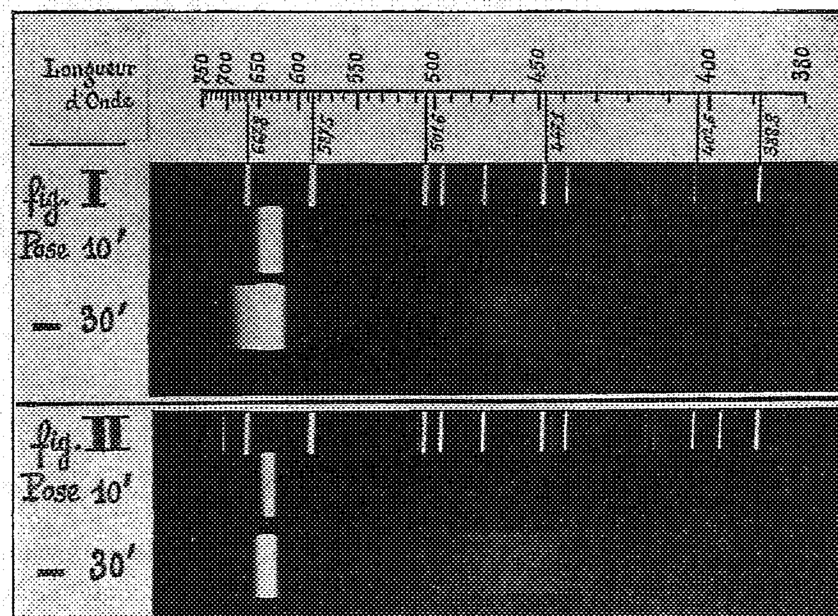
Nous avons donc examiné la composition spectrale de la lumière de fluorescence produite par l'excitation de rayons $< \lambda = 425^{m\mu}$ sur des solutions de porphyrines, extraites des deux différents types d'œufs et isolées par la méthode de Fischer : le pigment obtenu est dissous dans le chloroforme, à une concentration-type de 1 pour 10000. Cette solution a donné en lumière de Wood un spectre qui, délimité par les raies de l'hélium, a été photographié avec des temps de pose variables.

La figure I du cliché a été obtenue avec de l'ooporphyrine extraite uniquement de la pellicule très brune d'un œuf légèrement tacheté. Cette pellicule superficielle est mince et peut être enlevée facilement : le restant de la coquille se montre alors beaucoup moins coloré (d'un blanc crème seulement) et bien moins fluorescent qu'auparavant. Les caractéristiques du spectre obtenu sont les suivantes : un maximum d'intensité dans le rouge

[1] Séance du 8 février 1932.

entre 618 et 650$^{m\mu}$ et une large bande à peine estompée dans le vert avec une pose de 30 minutes.

Nous avons ensuite extrait d'œufs de poule, parfaitement blancs et cependant très fluorescents, la porphyrine dont la solution donnait le spectre suivant (*fig.* II du cliché) : un maximum entre 622 et 645$^{m\mu}$ moins étendu que celui de l'oorphyrine et une large bande dans le vert, un peu plus intense par contre. Nous avons remarqué que ce deuxième spectre se rapprochait de celui de l'hématoporphyrine; les résultats obtenus sont les mêmes que l'on emploie le chloroforme comme solvant de ces porphyrines ou un autre corps tel que l'acétone.



Nous avons recherché également les raisons des différences de coloration de la coquille (signalons que dans certaines coquilles viennent se surajouter divers pigments actuellement à l'étude); elles ne peuvent être attribuées à l'influence de l'habitat ou de la nourriture. Peut-être la race intervient-elle? Le fait que les poules de race asiatique pondent des œuf à coquille colorée est un argument dans ce sens. D'autre part, on sait que les coquilles des œufs pondus par des poules blanches de diverses races sont très souvent colorées, alors que les poules à plumage polychrome, noir surtout, pondent

des œufs dont les coquilles sont très blanches. Ceci nous amène à supposer (et certaines de nos expériences en cours viennent à l'appui de cette thèse) que la coloration des coquilles pourrait être la conséquence d'un phénomène de photosensibilisation : chez les poules à plumage entièrement blanc existerait un certain état de porphyrisme voisin de celui déjà signalé chez divers animaux. Cette hypothèse expliquerait la plus grande fragilité, reconnue par les aviculteurs, de ces poules.

En résumé, la porphyrine qui se trouve à l'état normal dans la coquille des œufs blancs diffère, par son spectre de fluorescence, de la porphyrine renfermée dans les œufs colorés; le spectre de la porphyrine de l'œuf blanc présente de grandes analogies avec celui de l'hématoporphyrine.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Le rôle du* stabilimentum *des toiles d'Argiope fasciée.* Note de M. **Étienne Rabaud.**

Outre les fils radiaux et circulaires qui en forment la trame, la toile d'*Argiope bruennichi* et de quelques autres Araignées (*Uloborus*, *Cyclosa*), comprend un ruban de soie en ligne brisée, le *stabilimentum.* Occupant une partie du diamètre vertical, de part et d'autre du centre, il passe pour consolider la toile : tous les Arachnologistes s'accordent sur ce point.

Que vaut cette hypothèse? Dérive-t-elle de l'interprétation d'une pure apparence, ou correspond-elle à des données de fait?

La comparaison de la toile d'Argiope fasciée avec celle d'Épéire diadème (*Araneus diadematus*) ne plaide guère en faveur du bien-fondé de l'hypothèse. La corpulence et le comportement des deux Araignées sont en tout comparables, alors que le stabilimentum manque à la toile de la seconde.

Assurément, la structure des deux toiles diffère, mais la différence marque un désavantage pour celle de l'Épéire; son disque « central », fait d'un réseau de fils à très larges mailles, paraît offrir moins de résistance que la partie correspondante de la toile d'Argiope, faite d'un tissu beaucoup plus serré. S'agirait-il alors d'une différence dans la qualité de la soie?

Plusieurs faits, tous concordants, permettent de répondre à cette double question.

a. Plaçons une Argiope fasciée sur une toile d'Epéire de corpulence analogue : l'Argiope adopte la toile étrangère et se comporte sur elle suivant la normale, et sans gêne apparente, qu'il s'agisse de la capture des proies ou du simple stationnement sur le disque « central ».

Quand l'Argiope pèse plus que l'Epéire, la toile cède légèrement; l'Araignée procède exactement comme elle procéderait sur sa propre toile après délabrement : elle pose quelques fils fins et isolés qui font office de tenseurs [1]; elle les pose en directions variées, et aucun d'eux ne rappelle rien qui ressemble à un *stabilimentum*.

b. Les faits statistiques donnent des indications très significatives.

Sur 197 toiles d'Argiope examinées à ce point de vue, 122 possédaient un *stabilimentum* double (une partie au-dessus, une partie au-dessous du disque central), 59 en possédaient un simple (inférieur), 14 n'en possédaient pas, et 2 en possédaient 3.

Ainsi, simple ou double, le *stabilimentum* existe dans la majorité des cas, et cette donnée globale paraît expressive. Mais le détail des faits oriente la conclusion dans une direction tout autre.

Déjà l'absence totale de *stabilimentum*, si peu fréquente soit-elle, semble indiquer que la solidité d'une toile ne dépend guère de ce ruban de soie supplémentaire. Or, quand il existe, il est fort souvent réduit à un fil ténu (46 fois sur 181 toiles à *stabilimentum* simple ou double), qui n'ajoute certainement rien à la solidité d'une construction. Tous les intermédiaires existent d'ailleurs entre l'absence complète et la présence d'un ruban épais et large.

Les faits statistiques ne permettent guère d'attribuer au *stabilimentum* une grande importance.

c. Cette indication se précise quand on examine une troisième série de faits, ceux que fournit la comparaison des toiles successives d'une même Argiope. La comparaison s'effectue sans peine en détruisant chaque soir la toile que l'Araignée tisse tous les matins. On constate alors qu'un individu donné ne tisse pas toujours de la même façon, bien que les conditions locales de l'environnement ne subissent aucun changement apparent.

Dix individus, suivis pendant un laps de temps variant entre trois et treize jours, fournissent des résultats concordants. L'un d'eux, pris comme exemple, donne une série de treize toiles successives, dont quatre n'ont aucun stabilimentum, tandis que les neuf autres présentent, quant au stabilimentum, la plus grande diversité.

Tous les individus observés ont fourni au moins une toile sans stabilimentum.

---

(1) ETIENNE RABAUD, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 878.

Or, en toute occurrence, le comportement de l'Argiope reste comparable à lui-même, la résistance des toiles demeure, elle aussi, la même; ces toiles retiennent les proies de la même manière, et les délabrements consécutifs à la chute des proies sont équivalents. Le stabilimentum, quand il existe, n'ajoute rien; son absence n'entraîne aucune infériorité appréciable.

En définitive, cette particularité de construction des toiles d'Argiope ne semble correspondre à aucun besoin véritable. Elle traduit un pur réflexe qui, pour un même individu, joue, quand il joue, de façon différente d'un jour à l'autre. Tantôt net et précis, provoquant la production d'un ruban épais et large, tantôt faible et incertain, donnant un fil grêle, ce réflexe reste constamment sans résultat utile; comme bien d'autres, il ne sert ni ne gêne.

Sous quelles influences se produit-il et varie-t-il? Les toiles étant sans cesse reconstruites au même endroit, les conditions locales de l'environnement n'interviennent guère : ne faudrai-t-il pas penser à toutes les actions extérieures capables d'influencer le métabolisme et de modifier en quelque mesure l'état physiologique des Araignées?

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Produits d'oxydation du d-galactose par l'oxyde de cuivre ammoniacal et l'oxygène de l'air, à la température du laboratoire.* Note de Mlle **Yvonne Garreau** et M. **J. Parrod**, présentée par M. G. Urbain.

L'étude des produits de l'oxydation du lévulose, du *d*-glucose et du *d*-mannose par l'oxyde de cuivre ammoniacal et l'oxygène de l'air, à la température du laboratoire a fait l'objet de plusieurs Notes [1]. Ces trois sucres fournissent l'acide oxalique, l'imidazol et le *d*-arabinotétraoxybutyl-4-imidazol; le lévulose conduit en outre à l'oxyméthyl-4-imidazol.

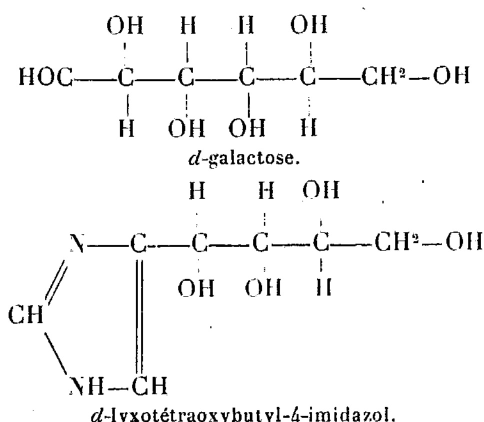
Tous trois ne diffèrent que par les deux atomes de carbone situés à l'extrémité aldéhydique (ou cétonique) de la chaîne, ce qui explique la formation du même tétraoxybutyl-4-imidazol à partir de chacun d'eux.

Il était à prévoir que le *d*-galactose conduirait lui aussi à l'acide oxalique

---

[1] Pierre Girard et J. Parrod, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 328; J. Parrod, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1136; J Parrod et Yvonne Garreau, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 890.

et à l'imidazol, mais fournirait par contre un autre tétraoxybutyl-4-imidazol, dont la chaîne alcoolique serait non plus semblable à celle du *d*-arabinose, mais à celle du *d*-lyxose : le *d*-lyxotétraoxybutyl-4-imidazol.

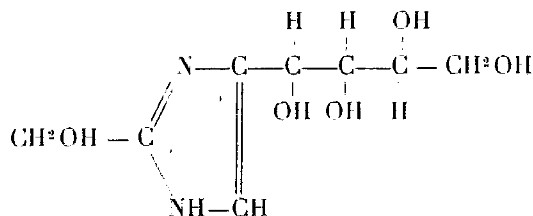


d-galactose.

d-lyxotétraoxybutyl-4-imidazol.

Nous avons pu en effet obtenir à partir du *d*-galactose, en dehors de l'acide oxalique et de l'imidazol une substance de composition centésimale identique à celle du *d*-arabinotétraoxybutyl-4-imidazol, mais différant cependant de celui-ci par ses propriétés physiques ($F = 132°$ au lieu de 164°, diagrammes de diffraction de rayons X distincts).

Il nous a encore été possible d'extraire des produits de l'oxydation une autre base présentant les caractères des imidazols, et dont la composition centésimale correspond à l'oxyméthyl-2-*d*-lyxotétraoxybutyl-4-imidazol



Conformément au mécanisme proposé antérieurement ([1]), on peut admettre que ce corps prend naissance par condensation de l'ammoniac avec l'aldéhyde glycolique et le *d*-galactosone.

TECHNIQUE. — On fait passer un lent courant d'air dans un mélange contenant : *d*-galactose (1 mol-g) 180^g; $Cu(OH^2$(2 mol-g) 200^g; NH^3 à 20 pour 100 (16 mol-g) 1500^{cm^3}; eau distillée, q. s. p. 4 litres.

([1]) J. PARROD, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1136.

La liqueur bleue, d'abord limpide laisse déposer peu à peu une poudre verte, mais la réaction est plus lente que dans le cas des sucres étudiés précédemment. Après 20 jours au moins, on filtre.

Traitement du filtrat. — On évapore à sec dans le vide, puis on reprend par l'acide acétique au 1/5e. Le résidu légèrement bleuâtre, mis en suspension dans l'eau, traité par H^2S à saturation donne de l'acide oxalique et de l'oxalate acide d'imidazol.

Traitement du précipité. — On met en suspension dans l'eau saturée de H^2S, filtre, évapore à sec, reprend par l'eau, ajoute de l'acétate basique de plomb en excès. Le précipité formé à ce moment est filtré. Au filtrat débarrassé du plomb par H^2S, évaporé à sec, puis repris par l'eau, on ajoute de l'acide picrique qu'on dissout à l'ébullition. Par refroidissement, le picrate d'imidazol cristallise (A). Les eaux mères évaporées à petit volume laissent déposer un mélange de picrates amorphes (B) et il reste des eaux mères (C).

Traitement de B. — On élimine l'acide picrique par épuisement à l'éther en milieu sulfurique, puis on élimine l'acide sulfurique par le carbonate de baryum. Après évaporation à sec, on reprend par l'alcool éthylique à 90 pour 100 à reflux. Par refroidissement de la solution, l'oxyméthyl-2-*d*-lyxotétraoxybutyl-4-imidazol cristallise, et on le purifie par de nouvelles cristallisations dans l'alcool éthylique bouillant.

Traitement de C. — On extrait le mélange des bases comme précédemment, et à leur solution aqueuse concentrée on ajoute de l'alcool méthylique. Des substances amorphes précipitent immédiatement. On décante le liquide clair, qui après concentration laisse déposer lentement des cristaux de *d*-lyxotétraoxybutyl-4-imidazol, lesquels sont essorés, lavés à l'alcool méthylique, et purifiés par cristallisation dans l'eau.

d-lyxotétraoxybutyl-4-imidazol : Aiguilles microscopiques incolores F = 132°, très solubles dans l'eau, solubles dans l'alcool méthylique chaud, insolubles à froid, insolubles dans les autres solvants usuels.

Analyse élémentaire : C 44,21, H 6,27, N 14,85 (théorie : C 44,65 ; H 6,43, N 14,89).

Picrate : Houppes cristallines (alcool) F = 164°, très solubles dans l'eau, solubles dans l'alcool à chaud, un peu moins à froid.

Oxyméthyl-2-d-lyxotétraoxybutyl-4-imidazol : Paillettes incolores F = 201°, solubles dans l'eau, insolubles dans les solvants anhydres.

Analyse élémentaire : C 43,80, H 6,48, N 13,07, (théorie C 43,80, H 6,42, N 12,85).

PROTISTOLOGIE. — *Les corps arrondis de* T. dentium. Note de MM. G. Delamare et C. Gatti, présentée par M. H. Vincent.

Nous avons noté l'apparition, dans une culture de *T. dentium* (¹), de nombreux corps arrondis, d'un diamètre de 2 à 10$^{\mu}$.

Ces corps, sur la périphérie de la plupart desquels s'insèrent 1 ou 2 et, parfois, 5 ou 6 spirochètes, se présentent à l'ultramicroscope comme des anneaux brillants. Ils renferment un ou plusieurs corpuscules, également brillants, toujours excentriques et situés d'ordinaire en regard des points

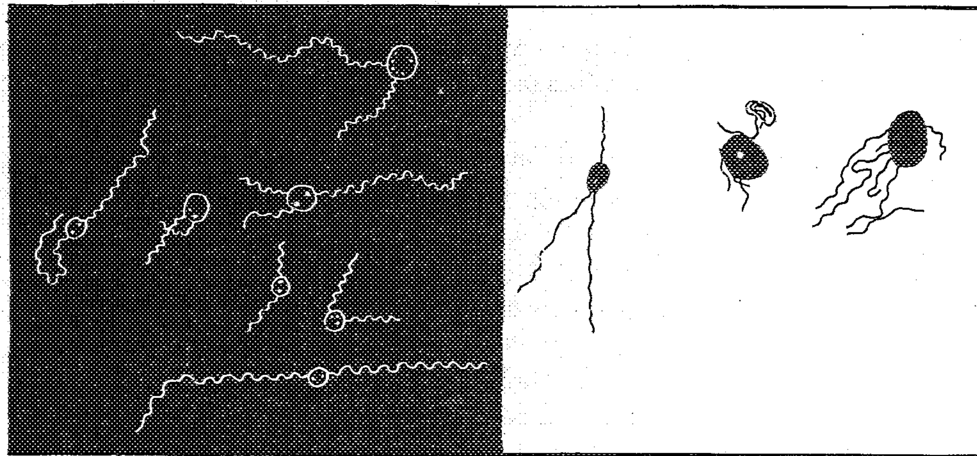


Fig. 1. Fontana (chambre claire × 1080, août 1930.
Fig. 2.

d'insertion des spirochètes. La technique de Fontana les imprègne en noir opaque. Moins intense, l'imprégnation argentique y laisse apercevoir des points clairs et, parfois, une structure filamenteuse. Le colorant de Giemsa les teint en violet rougeâtre. La coloration, habituellement uniforme, met

(¹) Culture anaérobie sur sérum de cheval inactivé et dilué au tiers d'un exsudat gingival riche en *S. buccalis*, *T. dentium* et contenant quelques *rigidum*. Les trois germes précités se sont développés au cours de la deuxième semaine. *S. buccalis* et *T. rigidum* ont disparu pendant la troisième. *T. dentium* était encore très abondant au début de la cinquième semaine lors de l'apparition des corps arrondis qui font l'objet de la présente Note.

de temps à autre en évidence des corpuscules d'un violet plus foncé et, dans certains cas, une structure filamenteuse. Les vacuoles sont exceptionnelles. Très généralement arrondies, les formations qui nous occupent sont parfois ovoïdes, piriformes ou allongées. L'existence exclusive sur les frottis de ces dernières formes permet de penser que l'étirement consécutif à l'étalement n'est pas étranger à leur production.

Les spirochètes insérés sur les corps arrondis sont de longueur assez variable; certains atteignent 30$^{\mu}$. En règle générale, ils sont d'autant plus longs que les éléments sur lesquels ils se fixent sont plus petits. Leur insertion est solide, car ils entraînent les corps arrondis dans leurs déplacements et ils ne s'en détachent pas davantage lorsque l'on comprime fortement la lamelle couvre-objet.

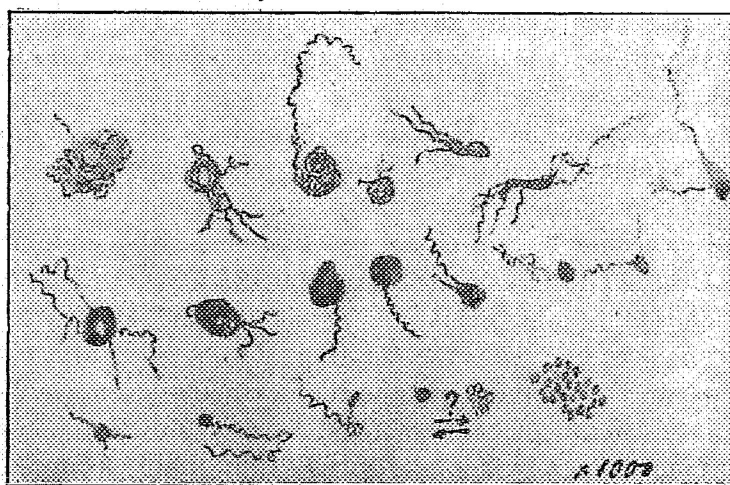


Fig. 3.

Comme le montre la figure 3, il a été possible de constituer, avec les éléments dessinés à la chambre claire, d'après un frottis coloré au Giemsa, une série d'apparence continue et comprenant, d'une part, des spirochètes en pelotonnement de plus en plus serré; d'autre part, des corps arrondis de taille progressivement décroissante et porteurs, à une exception près, de spirochètes. Le passage entre le dernier corps arrondi et les amas de corps coccoïdes (?) demeure incertain ainsi que le sens suivant lequel s'effectuent les transformations, mais la réalité de ces transformations semble indéniable et parle en faveur de l'existence d'un cycle évolutif ou involutif lié

au pelotonnement des spirochètes. Certains des aspects de ce cycle, il est à peine besoin d'y insister, ne laissent pas de rappeler de très près quelques-uns des aspects enregistrés par Leishman dans l'infestation d'*Ornithodorus moubata* par *S. Duttoni*.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Syphilis et néoplasmes*. Note de MM. C. LEVADITI et N. CONSTANTINESCO, présentée par M. F. Mesnil.

Les relations entre la syphilis et le cancer, mises en lumière par l'observation clinique, nous ont suggéré l'idée d'entreprendre l'étude du problème sur des bases expérimentales. De nombreuses recherches sont en cours; elles concernent, entre autres, l'évolution des néoplasmes chez les organismes syphilisés, la production de cancers du goudron chez les mêmes organismes ([1]), etc.

Nous désirons exposer nos résultats préliminaires concernant la pénétration du virus syphilitique dans les tumeurs greffées chez la Souris.

On sait que l'inoculation sous-cutanée d'un fragment de chancre syphilitique pratiquée chez la Souris, est, en l'absence de syphilome, suivie d'une généralisation du virus, se traduisant par sa localisation et sa longue persistance dans les organes hématopoïétiques et le névraxe. Cette généralisation est précoce; elle s'effectue, en effet, dès la 24e heure, d'après les essais récents de l'un de nous (Levaditi) en collaboration avec Metzger. Or, que se passe-t-il lorsque, chez de telles souris syphilisées, on greffe une tumeur, carcinome ou sarcome? Le virus syphilitique envahit-il le néoplasme, et, s'il y pénètre, combien de temps s'y conserve-t-il?

Voici ce que nous enseigne l'expérience à ce sujet.

EXPÉRIENCE I. — *Souris* 19, inoculée de syphilis (virus Truffi) le 1er juin 1931. Greffe sous-cutanée de sarcome (63 Londres) le 13 octobre, soit 134 jours après l'inoculation du virus syphilitique. L'animal est sacrifié le 3 novembre, soit 21 jours après la greffe de la tumeur, et alors que celle-ci s'était bien développée. Un mélange de rate et de ganglions inguinaux et axillaires, d'une part, un fragment de la tumeur d'autre part, sont inoculés, par voie sous-scrotale, à des lapins neufs.

([1]) Nous citerons à ce propos le travail de G. Castiglioni (*Archivio italiano di Anatomia e Istologia patologica*, 2, II, 1931, p. 475) où l'auteur affirme que le cancer du goudron évolue plus rapidement chez les lapins syphilisés par des injections intraveineuses de *Treponema pallidum*.

Lapin 743 P reçoit, le 3 novembre, le mélange de rate et de ganglions. Le 16 décembre (43e jour), on constate chez lui un syphilome scrotal contenant de nombreux tréponèmes,

Lapin 747 P reçoit la greffe de sarcome. Le 5 janvier 1932 (63e jour), on observe l'apparition d'un chancre scrotal riche en spirochètes.

Expérience II. — *Souris* 28, inoculée de syphilis (virus Truffi) le 9 octobre 1931. Greffe sous-cutanée de carcinome (souche de passage) le 13 octobre, soit 4 jours après l'inoculation du virus syphilitique. L'animal est sacrifié le 3 novembre, soit 25 jours après l'inoculation de syphilis et 21 jours après la greffe du néoplasme. Inoculation au :

Lapin 739 P reçoit, par voie sous-scrotale, une greffe de la tumeur. Il montre, le 26 décembre (53e jour), un syphilome riche en tréponèmes.

Lapin 749 P reçoit, par la même voie, une émulsion de rate et de ganglions de la souris 22, inoculée de syphilis en même temps que la souris 28. L'animal réagit, le 16 décembre, par un chancre riche en tréponèmes.

Ces expériences montrent que, lorsqu'on greffe une tumeur (carcinome ou sarcome) à des souris contaminées de syphilis, le virus syphilitique, ordinairement présent dans les organes hématopoïétiques et le névraxe, pénètre dans le néoplasme. Nous avons, en effet, constaté sa présence 21 jours après la greffe néoplasique, et cela chez des souris dont l'infection syphilitique datait de 155 jours pour la tumeur sarcomateuse, et de 25 jours pour le néoplasme cancéreux.

Il nous reste à préciser sous quelle forme le virus syphilitique existe dans la tumeur (1), combien de temps il y séjourne, s'il exerce quelque influence sur l'évolution du sarcome ou du cancer ? Autant de problèmes que nous étudions et que nous exposerons en temps voulu. Pour l'instant, nos essais préliminaires permettent de formuler les conclusions suivantes :

Conclusions. — *Chez les animaux (souris) en puissance d'une infection syphilitique latente, et porteurs de tumeurs cancéreuses ou sarcomateuses expérimentales, le virus syphilitique pénètre dans le néoplasme et y séjourne au moins pendant* 21 *jours*.

A 15h35m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

(1) Les coupes des tumeurs virulentes, imprégnées à l'argent d'après la technique de Dieterle, ne montrent pas le *Treponema pallidum*.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JANVIER 1932.

Institut international de Chimie Solvay. IVe Conseil de Chimie. *Rapports et discussions relatifs à la constitution et à la configuration des molécules organiques.* Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1931; 1 vol. 25cm.

Celebrazione di Luigi Ferdinando Marsili nel secondo centenario dalla morte (29-30 novembre 1930). Bologna, Nicola Zanichelli, 1931; 1 vol. 24cm.

Seconde série de cent cinquante profils de confrères, par PAUL HELBRONNER. Paris, 1931; 1 vol. 27cm,5.

L'Industrie chimique en France. Étude historique et géographique, par PAUL BAUD. Paris, Masson et Cie, 1932; 1 vol. 26cm. (Présenté par M. C. Matignon.)

L'Hydrodynamique et la théorie cinétique des gaz, par Y. ROCARD. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1932; 1 vol. 25cm.

Fifth Assembly of the International Research Council and the First Assembly of the International Council of Scientific Unions held at Brussels. *Reports et Proceedings*, London, Harrison and Sons, Ltd, 1931; 1 vol. 25.

Icones Filicum Sinicarum, par HSEN HSU HU et REN CHANG CHING. Fasc. 1. Plates 1–50. Nanking, The Metropolitan Museum of Natural History, 1930; 1 vol. 32cm.

Les tumeurs des os, par J. SABRAZES, G. JEANNENEY, R. MATHEY-CORNAT. Paris, Masson et Cie, 1902; 1 vol. 26cm. (Présenté par M. H. Vincent.)

National Research Council. Organization and Members, 1931-1932. Washington, 1 fasc. 23cm.

ERRATA.

(Séance du 8 février 1932.)

Note de M. *J. Delsarte*, Sur une équation matricielle :

Page 514, ligne 5, *au lieu de*

$$K = H - \lambda A.H - \mu A.B,$$

lire

$$K = H - \lambda A.H - \mu H.B.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 FÉVRIER 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Quand il y a quelques semaines à peine, j'avais l'honneur de prendre possession du fauteuil présidentiel, je formais le vœu de nous retrouver tous présents ici à la fin de cette année. Je me doutais bien que ce vœu était tant soit peu téméraire, mais j'étais loin de penser que le premier éloge funèbre qne j'aurais à prononcer devant vous serait celui de notre si regretté confrère le Général **Ferrié**.

Il y a si peu de jours que nous le voyons encore au milieu de nous plein de force et de vie, il y a si peu de temps qu'avec sa voix vibrante il faisait une communication à l'une de nos séances, que nous nous demandons aujourd'hui si sa disparition est une réalité.

Lundi dernier, à la nouvelle de l'opération qu'il venait de subir, nous lui envoyons ainsi qu'à Madame Ferrié, le témoignage de notre sympathie. Malgré la gravité de son état nous conservions encore quelque espoir. Hélas, celui-ci était vain et la fatale nouvelle de sa mort nous survenait quelques heures après.

Celui qui vient de nous quitter était à la fois un grand soldat, un savant éminent et un remarquable organisateur. Aussi retracer sa carrière scientifique indépendamment de sa carrière militaire est une impossibilité. Toutes deux s'enchevêtrent, car son ambition constante était de faire profiter

l'armée qui lui était si chère de tout ce que sa haute compétence scientifique lui faisait découvrir et réaliser.

L'œuvre de toute la vie de Ferrié se rapporte à la Télégraphie sans Fil. A sa sortie de l'École Polytechnique en 1889, il choisissait l'arme du Génie et, presque dès le début de sa carrière, était affecté au dépôt central de la télégraphie militaire. Là il est pris immédiatement par l'immense intérêt qui s'attache dès 1898 aux phénomènes de propagation des ondes et il en étudie les applications militaires.

Au début de 1899, il assistait aux expériences sensationnelles faites par Marconi entre la France et l'Angleterre. Notre confrère, M. de Freycinet, alors Ministre de la Guerre, très intéressé lui aussi par les résultats, demanda au Capitaine Ferrié s'il serait possible de réaliser en France des applications pour l'armée du nouveau moyen de communication dont l'organe principal, le cohéreur, était dû à notre confrère, M. Branly. Ferrié se mit à l'œuvre, et comme il le dit, sa carrière techniqne et scientifique fut de ce moment définitivement fixée.

Mais comme doit le faire et comme le fait tout véritable esprit scientifique, il procède par étapes. Dans une première période, il entreprend des recherches dans le but de concevoir les phénomènes et de réaliser les appareils. Dès le début, il apporte, par la découverte et la création d'un type spécial de détecteur, un progrès des plus importants à la réception des signaux de télégraphie sans fil en permettant leur lecture à l'oreille par leur son. Il réalise en même temps au cours d'une campagne coloniale marocaine puis à la Martinique après la catastrophe du Mont-Pelé, les premières applications de ses découvertes et commence en 1903 l'installation à la Tour Eiffel d'un poste puissant qui rendra par la suite tant de services.

A partir de 1909, Ferrié estime la technique suffisamment avancée et entreprend un large développement des applications de la télégraphie sans fil. C'est à cette époque que se rapportent l'emploi des appareils à bord des dirigeables et des avions militaires, et l'application de la télégraphie sans fil au problème de l'envoi de l'heure du méridien initial à tous les postes de réception que peut toucher la Tour Eiffel, en liaison avec l'Observatoire de Paris. Réalisation d'une portée immense qui assure aux navires la détermination précise de leurs positions à la mer et révolutionne la détermination des différences de longitudes. Ces résultats mettent la France au premier rang pour le problème de la distribution de l'heure; Paris est choisi comme siège du Bureau International de l'Heure.

Il établit en même temps une méthode de comparaison de deux horloges

placées en deux points différents de la Terre, au moyen de signaux de T. S. F. rythmés, perçus à l'oreille en même temps que les battements d'une horloge auxiliaire et constituant ainsi une sorte de vernier acoustique. Cette méthode devenue classique qui permettait d'atteindre dans la comparaison des deux horloges la précision du centième de seconde fut employée immédiatement dans la détermination d'un grand nombre de différences de longitudes et en particulier de celle de Washington-Paris en 1913.

Arrive 1914, la guerre. Ici, ce que l'on peut appeler la chance française, trouve à la tête des services de la télégraphie militaire l'homme le plus compétent qui soit, celui qui à une science profonde joint une énergie peu commune et un incomparable esprit réalisateur. Immédiatement il se met à l'œuvre. Collaborateur en août et septembre 1914, du général Hirschauer, commandant le Génie du camp retranché de Paris, il organise militairement la Tour Eiffel, met à l'abri des bombardements aériens le poste du sous-sol, crée, pour parer à tout accident un second poste au Trocadéro, dont les machines et les appareils sont placés dans le métropolitain alors en construction, et relie ce poste de secours au poste principal de la Tour par des câbles à travers la Seine. Enfin il prend les dispositions nécessaires pour que les groupes d'émission puissent être actionnés à volonté par le courant de la Ville, par celui du métro ou par les machines de secours. Les travaux commencés le 2 septembre sont terminés le 7, c'est un des plus beaux tours de force que l'on ait réalisé au cours de la guerre.

Il serait trop long d'énumérer toute l'ampleur des recherches, des découvertes, des réalisations faites par le général Ferrié et les savants collaborateurs qu'il avait réunis autour de lui, dont le continuel dévouement ne lui a jamais fait défaut. Bornons-nous à citer les créations et les mises en œuvre principales : l'emploi intensif de la T. S. F. par étincelles à bord d'avions; la création d'amplificateurs d'extrême sensibilité pour haute et basse fréquence; celle de postes émetteurs avec lampes à trois électrodes, à terre et à bord d'avions, permettant d'obtenir la télégraphie et la téléphonie sans fil; les radiogoniomètres à un seul cadre mobile suivant les procédés de notre confrère Blondel; la télégraphie par le sol, enfin et surtout ces postes d'écoute qui nous permirent de capter les messages téléphoniques ennemis, en particulier les ordres de Von Kluck prescrivant la retraite lors de la bataille de la Marne, qui furent saisis par le poste d'écoute de la Tour.

La nécessité de maintenir des communications sûres avec nos alliés conduisit par la suite Ferrié à renforcer autant qu'il était possible le poste de la Tour Eiffel et à créer un autre poste très puissant à Lyon, qui en 1918

était au moins équivalent à n'importe quel poste existant au monde et fut surtout employé à assurer nos communications avec les États-Unis. Après l'entrée en guerre de l'Amérique, il fut jugé utile de renforcer encore nos communications avec notre nouvel associé. Ferrié entreprit l'installation d'un poste nouveau à la Croix d'Hins près de Bordeaux. Ce poste, qui a reçu le nom de « poste La Fayette » et qui est le plus puissant du monde, n'était pas entièrement terminé lors de l'armistice, mais il reste à la France, à l'Administration des Postes et Télégraphes.

On peut dire de l'œuvre de Ferrié au cours de la guerre que dès le début et pendant toute la durée des hostilités, la France fut toujours, en télégraphie et téléphonie militaires, d'une incontestable supériorité. Nos alliés nous suivirent; quant à nos ennemis, malgré leur puissante organisation technique, ils furent toujours considérablement en retard. L'armée française a été ainsi toujours la première, grâce à Ferrié, qui se montra alors, non seulement un grand chef auquel doit aller la reconnaissance du pays, mais un des meilleurs artisans de la victoire finale.

Après la guerre, Ferrié réussit à conserver la cohésion entre les spécialistes dont l'union avait donné de si bons résultats. Il fut l'âme du projet de la grande opération internationale de différence de longitudes mondiales, actuellement en cours d'exécution sous les auspices du Bureau des Longitudes.

Il collaborait aussi actuellement avec nos Confrères Maurain et Charcot, avec toute sa compétence et toute son ardeur, à la réalisation de l'expédition scientifique que l'on a appelé l'année polaire, expédition qui doit fournir au point de vue de la physique du globe des résultats de tout premier ordre. Il nous en parlait encore au Bureau des Longitudes il y a quelques semaines; la mort vient de le surprendre au milieu de ce travail de préparation auquel il se consacrait tout entier.

Tant de services rendus avec un dévouement sans limites devaient avoir leur consécration scientifique. Dès 1911, le Bureau des Longitudes l'appelait auprès de lui. En 1921, l'Institut lui décernait le prix Osiris, et en 1922 il devenait notre confrère, succédant, dans la Section de Géographie et Navigation, à Alfred Grandidier.

A l'étranger, les mérites scientifiques de Ferrié avaient peut-être encore plus de retentissement que dans notre pays, et sa place se marquait au premier rang dans les unions et comités scientifiques internationaux. Il était successivement nommé président de la Commission internationale des Longitudes par T. S. F., membre de la Commission internationale de

l'Heure, président de l'Union internationale de Radiotélégraphie scientifique, et tout récemment, quand le Conseil international de Recherches modifia ses statuts en 1931 et procéda à l'élection d'un nouveau Bureau, ce fut Ferrié qui d'acclamation fut nommé premier vice-président de la nouvelle organisation. Toutes les sociétés scientifiques françaises de géodésie, d'astronomie, de radiotélégraphie, d'électricité le comptaient comme président ou membre de leur Conseil. Il n'était de par le monde un congrès intéressant ces Sciences auquel il ne participât avec une autorité devant laquelle tout le monde s'inclinait. Si l'on ajoute à cela toutes les inspections que lui imposaient ses fonctions d'Inspecteur général des services de télégraphie militaire et des troupes et services de transmissions, en France, en Algérie, au Maroc, au Levant, on reste confondu devant une telle accumulation de travaux et devant une telle infatigable activité. Au moment même où il entrait au Val-de-Grâce, il était sur le point de partir pour la Syrie.

Tel était celui auquel la Science doit tant de services. Mais à côté du savant il y avait l'homme. Trouver un confrère et un ami plus sûr, un collaborateur plus accueillant, un maître ou un chef plus bienveillant, est impossible. Sa haute compétence scientifique qui le plaçait au premier rang, était chez lui comme cachée sous une affabilité et une modestie qui faisaient l'admiration de tous ceux qui le connaissaient. Qui l'a approché l'a aimé. Mais ce que l'on ne saurait assez dire, c'est le complet désintéressement dont il faisait preuve. S'il l'avait voulu, il aurait pu, et combien de fois, accepter des offres de situations considérables. Toujours il a répondu : « Soldat je suis, soldat je reste ». Pour lui le mot Servir conservait sa plus belle et sa plus haute conception : travailler jusqu'à l'extrême limite de ses forces, se dévouer toujours, n'avoir qu'une pensée, son Pays.

La perte est immense pour la Science et pour l'Armée. Elle l'est plus encore pour la compagne si dévouée de sa vie, qui l'entourait d'une affection qui le soutenait dans ses travaux et lui faisait oublier ses fatigues.

Je suis certain d'être votre interprète à tous en exprimant à Madame Ferrié et à toute sa famille la part bien vive que l'Académie des Sciences, que nous tous prenons à la disparition d'un des plus éminents de nos confrères et d'un grand serviteur de la France. Puisse l'hommage que nous lui rendons être un adoucissement à leur douleur.

LITHOLOGIE. — *Les roches intrusives et filoniennes de la région granitique et sédimentaire du nord du Tibesti.* Note [1] de M. **A. Lacroix.**

Parmi les nombreuses observations rapportées par M. Dalloni de sa mission du Tibesti, l'une des plus intéressantes consiste dans la découverte [2], dans le substratum de la partie septentrionale de ce grand massif montagneux, de petites intrusions et de dykes de nombreux types de roches éruptives spéciales, grenues ou microlitiques. Elles sont complètement différentes de celles (pegmatites, aplites, dolérites) devant être considérées comme faisant partie de ce substratum granitique, dioritique et schisteux; certains d'entre eux traversent les grès siluriens subhorizontaux recouvrant les roches plus anciennes. Malheureusement on ne peut rien dire d'autre sur l'âge de leur mise en place, faute de sédiments plus récents; leurs relations possibles avec les formations volcaniques, très développées plus au Sud, ne pourront être discutées que quand l'étude en cours de celles-ci sera achevée.

L'ensemble de ces roches constitue une série lithologique remarquable, dont les divers termes sont étroitement apparentés. Je me propose de définir ici sommairement les conclusions résultant de leur étude; lenr description chimique et minéralogique sera publiée ultérieurement dans le volume consacré à la mission de M. Dalloni.

Il faut distinguer tout d'abord une série grenue néphélinique, caractérisée par une hornblende brune barkévicitique, en baguettes allongées; cette amphibole est accompagnée d'augite, de sphène, d'apatite et de minerais; certaines roches ne renferment, en fait de feldspath, que l'orthose sodique; ce sont des *syénites néphéliniques;* d'autres contiennent, en outre, des quantités croissantes, puis prépondérantes et même exclusives, de plagioclases (andésine à labrador) et suivant la proportion de ceux-ci, il faut distinguer des *monzonites néphéliniques* et des *berondrites*. Cet ensemble, constituant des intrusions dans le granite, est remarquablement identique à celui que j'ai décrit antérieurement dans le nord-ouest de Madagascar et à Tahiti et il semble bien que, comme dans ces régions si éloignées les unes des autres, les divers types de la série doivent être des facies de varia-

---

(1) Séance du 15 février 1932.

(2) M. Dalloni, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 472.

tion d'une même intrusion plutôt que des roches indépendantes. Seules de nouvelles observations sur le terrain, dirigées en vue d'éclaircir cette question, pourraient conduire à une opinion définitive sur ce sujet. Il me faut signaler encore la forme *mafraïte* qui est une variété hétéromorphe de berondrite renfermant de la néphéline potentielle, mais non exprimée.

En raison de l'existence de la même amphibole, je signalerai ici une *monchiquite* typique et des *camptonites*, mais ces dernières, très imprégnées de calcite, n'ont pu être analysées.

A côté de cette série amphibolique, on doit placer des roches ne renfermant, en fait de métasilicates, que l'augite violacée. Le type le plus intéressant est à rapporter à la *lusciadite* que j'ai définie jadis d'après des blocs recueillis dans le ravin de Lusclade au Mont-Dore. Toutes ces roches, riches en olivine, augite, biotite, ilménite, renferment, en fait de minéraux blancs. du labrador en cristaux aplatis, de la néphéline et souvent un peu d'orthose sodique. A côté de termes riches en néphéline et qui sont de véritables luscladites, il s'en trouve d'autres, de plus en plus pauvres en ce minéral ou même n'en contenant pas, et ainsi ces luscladites passent à des *gabbros* ou à des *microgabbros* micacés. C'est la répétition de ce que j'ai observé à Madagascar et à Tahiti encore, et aussi à Montréal, au Portugal, etc.

A défaut des analyses, qui seront publiées ultérieurement, je donnerai ci-après les paramètres magmatiques de celles de ces roches qui ont été étudiées chimiquement.

Série amphibolique.

Syénite néphélinique	I.6'.2.4'
Monzonite néphélinique	II.'6.2.4[(2)3.1.(2)3.3']
Berondrite	III.'6.3.4[(2)3.1(2).2(3).(2)3]
Mafraïte	III'.5'.3.4[2.'2.2'.(2)3]
Monchiquite	III.6.2(3).4[2(3).2.2'.2']

Série pyroxénique et péridotique.

Luscladite	III.'6.3.4[2'.1(2).2(3).3]
Gabbro micacé	II(III).5.(2)3.4[3.'2.2.'3]
Microgabbro micacé	III.5.'3.4[2'.(1)(2).2(3).2']

Ces paramètres permettent de suivre les variations de composition et les analogies de ces roches, la prédominance constante de la soude sur la potasse, en particulier. On voit que berondrite, mafraïte, monchiquite, luscladite, avec des différences dans leur composition minéralogique, possèdent les mêmes caractéristiques chimico-minéralogiques. Quant à la différence essentielle existant entre les luscladites et les gabbros (et micro-

gabbros) micacés, elle réside dans la proportion de la néphéline *virtuelle* influant sur le second paramètre.

Une autre série néphélinique, mais microlitique celle-là, constitue (comme la monchiquite et la camptonite) des dykes dans les grès siluriens. Ce sont des *phonolites* (Kredaon, Kemet) et des *tinguaïtes* (Ouri). Leurs dykes paraissent avoir une épaisseur moindre que ceux des roches précédentes : à l'inverse de celles-ci, toutes ces phonolites et tinguaïtes sont hyperalcalines et caractérisées par la présence de l'ægyrine.

Un premier type est très leucocrate; c'est une *phonolite* d'un gris verdâtre, tacheté de vert foncé; elle est essentiellement formée par de très petits prismes de néphéline et des lamelles peu apparentes d'orthose au milieu desquels sont distribuées irrégulièrement de petites plages ou bien des houppes, des buissons globuleux de fines aiguilles d'ægyrine englobant pœcilitiquement les cristaux de néphéline. A signaler aussi les palmes cristallitiques d'un minéral qui semble être la hainite.

Une phonolite de ce genre (entre Moussei et Ouanaké) présente un mode d'altération curieux; sur le fond gris verdâtre, compact, de la roche sont distribuées, irrégulièrement, de nombreuses taches sphériques ayant de $0^{mm},5$ à 1^{mm} de diamètre; tantôt elles sont uniformément blanches et poreuses et tantôt elles consistent en un anneau blanc entourant une partie centrale circulaire de même couleur et de même texture que la roche intacte. L'examen microscopique montre que, dans ces portions blanches, les minéraux blancs sont totalement transformés en une matière colloïde, alors que l'ægyrine est plus ou moins intacte.

Entre Ouri et Kemet, a été recueillie une *tinguaïte* verte renfermant de gros phénocristaux (2^{cm}) aplatis d'orthose sodique; ils sont accompagnés de petits phénocristaux limpides de néphéline et sont englobés dans une pâte holocristalline formée de néphéline et d'orthose, englobant des cristaux d'ægyrine plutôt capillaires qu'aciculaires. Cette tinguaïte porphyrique rappelle celle de Port Cygnet en Tasmanie. Elle est souvent profondément imprégnée de mésotype microgrenue qui laisse quelquefois intacts certains phénocristaux de néphéline, tout en attaquant une partie du feldspath.

Les paramètres magmatiques de ces roches sont les suivants :

Phonolite (entre Tokaro et Mossei)..............	I'.6.I'.4
Phonolite (entre Mossei et Ouanaké)............	I.5(6).I(2).4
Tinguaïte (entre Ouri et Kemet)................	II.5(6).2.4

Le calcul de la composition virtuelle est faussé par les phénomènes de

zéolitisation qui mettent en liberté de l'alumine, font apparaître ainsi dans le calcul, de l'anorthite qui n'existe pas en réalité et disparaître l'ægyrine mise en évidence par l'examen minéralogique. Ces altérations modifient ainsi le deuxième et le troisième paramètre qui, dans la roche fraîche, seraient respectivement 6 et 1. C'est là une particularité rencontrée à peu près dans toutes les roches phonolitiques du Tibesti.

Plus intéressante est une autre phonolite de la même région : elle est mésocrate et par conséquent doit être rapprochée de ce type lithologique très rare que j'ai appelé *murite*, d'après des échantillons de l'île Rarotonga (Archipel de Cook). Il s'agit d'une roche verdâtre, riche en phénocristaux de pyroxène et de prismes hexagonaux de néphéline. Au microscope, on constate que le pyroxène ægyrinique, d'un vert foncé, en cristaux automorphes, maclés suivant h^1 et très zonés, ainsi que les prismes hexagonaux de néphéline d'une grande fraîcheur sont accompagnés de cristaux de *mélanite*, de sphène et de magnétite. La pâte est très riche en microlites hexagonaux de néphéline, souvent englobés pœcilitiquement par de l'orthose, mais réduite à un simple liséré d'orientation uniforme sur une grande surface; le mélanite et des microlites filiformes de pyroxène sont fort abondants. Quelques échantillons renferment de petits nids de *fluorine* violette ou sont imprégnés de calcite; d'autres contiennent des enclaves de syénite néphélinique et des boutonnières, de coloration blanche, et de composition complexe (*pectolite*, *fluorine*, *calcite*, ou bien *mélanite*, *biotite*, *sphène*, *apatite*, en nombreux et énormes cristaux terminés par la pyramide b^1). Cette description rappelle les particularités que j'ai rencontrées jadis dans certains blocs de *campanite* des tufs de la Somma, endomorphisés par absorption d'enclaves de calcaire; il s'agit certainement à Ouri d'un phénomène du même ordre.

Les paramètres magmatiques donnés ci-après montrent que, chimiquement, la transformation a suivi le même ordre dans la murite *sodique* et la campanite *potassique* et que, dans les deux cas, alors que la roche initiale était plus riche en feldspath qu'en feldspathoïde (2e paramètre = 6), l'inverse a lieu dans la roche très transformée (paramètre 8).

Murite intacte (Ouri)	II(III).'6.2.(3)4[2(3).1.3.3]
» (en voie de transformation)	(II) III.'7.1'.4[2.1.(3)4.3']
» (davantage transformée) (*néphélinite*)	'III.8.1.4[1(2).1.1.3']

De même pour la roche de la Somma :

Campanite intacte	II.6.'3.3[2.(1)2.2(3).2]
» (en voie de transformation)	III.'8.'2.3[2.1.3.2]
» (davantage transformée (*leucitite*.)	III.8.2.3[1.2,'3.2]

En outre de cette série néphélinique, s'en trouve une autre, sur quoi je passerai plus rapidement : elle est constituée par des roches dépourvues de néphéline et renfermant généralement de la silice libre.

Je signalerai une *grorudite* (Yi Bou), une *sölvsbergite*, formant de gros dykes déchaussés dans les grès de la région Guezenti-Zerao; elle renferme non seulement de l'ægyrine, mais une amphibole arfvedsonitique. De la même région provient une *nordmarkite*. Enfin, dans le massif granitique de Guezenti et auprès du col de Kredaon, je signalerai des dykes de trachytes, *bostonite* porphyrique hyperalcaline, dans le premier gisement, *trachyte* à hornblende, dans le second.

Voici les formules magmatiques de ces diverses roches :

Grorudite	II.3'.1.'3
Sölvsbergite α	I(II).5.1.4
Nordmarkite	I'.5.1'.4
Bostonite α	I'.(4)(5).1(2).3(4)
Trachyte à hornblende β'	I(II).5'.'2.4

Comme les précédentes, ces roches sont plus sodiques que potassiques. A l'inverse de ce qui a lieu pour les phonolites, le calcul de l'analyse chimique des types hyperalcalins (grorudite et sölvsbergite) met en évidence leur silicate ferro-sodique caractéristique, car ici, les roches n'ont pas été modifiées par des actions secondaires.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Dégénérescence climatérique chez la Pomme de terre.* Note de M. J. **Costantin.**

Parmi les phénomènes d'avortement qui s'observent dans les cultures de Pomme de terre, on peut distinguer des modifications de deux types très distincts qui semblent devoir s'expliquer par des causes très différentes.

Je crois utile de les classer en deux groupes que j'appellerai provisoirement : 1° les *dégénérescences climatériques ou géographiques;* 2° les *dégénérescences pathologiques.* Elles me paraissent dissemblables, et les noms pour les désigner indiquent les hypothèses que j'entrevois pour les expliquer. Explication d'ailleurs provisoire pour le premier groupe qui servira d'hypothèse de travail pour les observations et les expériences qu'elles vont susciter en vue du contrôle de cette conception.

I. *Dégénérescences climatériques ou géographiques.* — On sait depuis longtemps que dans les régions équatoriales, au niveau de la mer et dans

les basses régions, la Pomme de terre dès la première année n'offre qu'une *production nulle* ou négligeable. C'est très fâcheux, puisque cette plante alimentaire a joué en Europe un rôle capital en faisant disparaître les grandes famines d'autrefois. Si le *Solanum tuberosum* y dégénère complètement (au sens vulgaire du mot), cela ne doit pas nous étonner, puisqu'il s'agit d'une espèce des Andes de l'Amérique du Sud poussant à l'état sauvage à 4000^{m} d'altitude (1). On a pu remédier depuis longtemps déjà à cette tendance fâcheuse en cultivant dans ces mêmes régions chaudes à une altitude suffisante, et alors les récoltes sont « parfois excellentes » (Capus et Bois). On a donc ainsi un moyen très simple de combattre la dégénérescence climatérique.

On s'explique ainsi que dans ces derniers temps on ait cultivé avec quelque succès la Pomme de terre en Afrique équatoriale française et au Congo belge (G. Bruel et F. Jurion, 1929 et 1930). On a pu obtenir 16600^{kg} de tubercules à l'hectare, et, en deuxième culture, 17000^{kg} (avec la variété *Mac Cormick*). Il est de la plus haute importance que les planteurs notent toujours l'altitude à laquelle ils opèrent.

Une preuve qui plaide en faveur de l'action géographique et altitudinale, pour créer la dégénérescence climatérique et pour y remédier, découle de ce fait que *partout la même technique a donné les mêmes résultats favorables :* à Java, à Cuba, à Costa Rica, etc.

A Java, sur les montagnes, on voit d'ailleurs qu'il y a deux dégénérescences distinctes (en basse région : dégénérescence climatérique; en région élevée : dégénérescence climatérique et dégénérescence pathologique). On connaît l'enroulement et la mosaïque et le sprain. Ce dernier type pathologique, très spécial, apparaît d'une manière plus extensive aux basses altitudes qu'aux altitudes supérieures (Paravicini).

Un climat moins excessif que celui de l'Équateur peut produire une dégénérescence climatérique moins accusée. C'est ce qui arrive pour le Sahel, aux environs d'Alger, où l'on ne peut cultiver qu'*une fois* les tubercules (2).

Les Pommes de terre de ce pays sont très appréciées comme primeurs en France et ailleurs; malheureusement, après avoir acheté très cher des tubercules dans les pays plus froids (Bretagne, Hollande), on n'a une récolte notable qu'après une première culture, mais, si l'on en tente une seconde, on constate que les produits sont tellement

(1) Ceci est en harmonie avec tout ce que l'on sait sur la culture des plantes.

(2) Une preuve assez frappante de l'universalité de ce phénomène et de la difficulté d'obtenir des Pommes de terre en Algérie, c'est qu'elles sont considérées par les chefs arabes comme des légumes de luxe (fait cité par Gentil).

petits qu'ils n'ont aucune valeur commerciale. Au lieu de racheter de nouveaux tubercules dans les pays du Nord, depuis quelque temps (d'après M. Maire) on remédie à cette dégénérescence géographique algérienne par le transport dans l'Atlas, à 1200^m d'altitude, des petits semenceaux gros comme des pois ou des noisettes du Sahel et l'on y peut récolter des tubercules de grosseur normale, qui peuvent être à nouveau utilisés aux environs d'Alger.

Il est d'ailleurs à remarquer que des phénomènes de dégénérescence analogues à ceux qui viennent d'être signalés dans le Sahel, peuvent se retrouver *partout dans le bassin méditerranéen* qui est caractérisé par la même flore : en Égypte, en Turquie, dans le sud de l'Espagne et aussi dans tous les pays qui ont une flore analogue, notamment en Amérique du Sud en Argentine et en Uruguay (¹).

II. *Dégénérescences pathologiques.* — Par les belles découvertes de divers savants, on sait qu'il existe chez beaucoup de plantes cultivées, notamment la Pomme de terre, des maladies dites à ultra-virus qui causent des dégénérescences. On sait d'ailleurs qu'elles sont transmises par les Pucerons et d'autres insectes. Ce fait a été établi avec précision pour la mosaïque de la Canne à sucre, dès 1920.

Ces dégénérescences ne sont *pas générales en un lieu*, au moins au début; elles sont *individuelles* et se propagent peu à peu dans les cultures; elles prennent parfois un grand essor dès le début, mais ce n'est pas constant. Elles sont accompagnées de caractères morphologiques et anatomiques et de symptômes pathologiques qui les définissent. Elles se transmettent par les tubercules avec accroissement d'intensité à la deuxième et surtout à la troisième culture. A la première culture le mal peut être inapparent, mais il se révèle à la seconde et au moins à la troisième. A la troisième culture, la plante est avortée, naine ou complètement dégénérée. On voit nettement que ces caractères sont distincts de ceux de la dégénérescence climatérique.

On a tenté d'expliquer l'action de la montagne contre cette seconde catégorie de dégénérescences, car on sait « que l'enroulement (Pomme de terre) et le séreh (Canne à sucre) sont beaucoup plus rares dans les régions à climat rude ou dans les montagnes » (Quanjer 1931), mais cette explication ne donne pas la clef de tous les phénomènes observés.

1° Il y a, en effet, de la dégénérescence dans les montagnes et même beaucoup (²).

(¹) J. Costantin, Observations à la suite de la lecture d'une lettre de Touggourt de M. A. Chevalier, *Sur la Pomme de terre au Sahara* (*C. R. Acad. Agric.*, 18, n° 2, 1932, p. 71 à 74). On a une confirmation de l'influence de l'altitude par les faits observés au Fouta-Djallon, à 600^m (Perrot).

(²) J. Costantin et P. Lebard, *C. R. Acad. Agric.*, 16, n° 30, 1930, p. 1006; P. Lebard, *Ibid.*, p. 999.

2° J'ai observé des Pucerons, en 1927, à de hautes altitudes (1400m) (¹); les plantes attaquées n'étaient pas des Pommes de terre, mais des *Epilobium spicatum*. L'existence abondante de l'enroulement et de la mosaïque dans les Alpes rend tout à fait vraisemblable l'existence du *Myzus persicæ* qui est, on le sait aujourd'hui, le propagateur le plus ordinaire de ces maladies en plaine. Il y a là un point intéressant de zoologie géographique à élucider.

La solution pratique des dégénérescences pathologiques des cultures de plaine paraît bien être dans l'emploi de semences saines de Pomme de terre venant de la montagne. Du moins les expériences faites sur une petite échelle le laissent supposer puisqu'elles indiquent : 1° que l'altitude accroît le rendement (²); 2° que la productivité ainsi accrue se maintient en plaine l'année suivante (³).

Il faut, par des expériences en grand, contrôler ces résultats, car c'est ainsi que les données nouvelles pénètrent en Agriculture.

Si les faits précédents s'annoncent comme pouvant avoir une application pratique, ils paraissent avoir également une portée théorique : la découverte d'un optimum de rendement à 1400m indique bien un fait d'ordre physiologique dû à l'action d'un facteur extérieur, le climat; ces remarques appuient l'hypothèse de dégénérescence climatérique en lui donnant une base expérimentale.

Les pratiques agricoles employées à Java, depuis plus de quarante ans pour la Canne à sucre, avec un succès si remarquable contre deux maladies à ultra-virus (le séreh et la mosaïque de la Canne) apprennent qu'*on ne peut pas se contenter de la sélection en plaine des boutures saines*, car toujours alors la maladie reprend de l'essor (Kuyper, 1925). Ceci indique bien que les boutures saines élevées en montagne jouissent d'une propriété nouvelle acquise qui est la *résistance à la maladie*, résistance non absolue mais qui dure au moins pendant six ans, ce qui a une portée considérable au point de vue cultural.

OPTIQUE. — *Facteurs de réflexion et de transmission de quelques métaux déposés par projection cathodique*. Note de M. **Armand de Gramont**.

Je me suis attaché à mesurer en lumière blanche les facteurs de transmission et de réflexion de dépôts métalliques obtenus par projection

(¹) J. Costantin, *Ann. Sc. nat. Bot.*, 10e série, 9, 1927, p. 364.

(²) P. Lebard, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 199.

(³) J. Costantin, P. Lebard et J. Magrou, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 902.

cathodique. La valeur relative de ces facteurs est utile à connaître pour la constitution de lames semi-transparentes qui sont d'un emploi fréquent. D'autre part, quand le facteur de transmission croît avec l'épaisseur du dépôt, ce qui n'est pas toujours le cas, on peut réaliser par projection des miroirs métalliques qu'il serait parfois impossible d'obtenir par le travail direct du métal; le poli spéculaire est, en effet, d'autant plus parfait que la matière est plus dure, en sorte que le nombre des métaux pouvant fournir de bonnes surfaces réfléchissantes par polissage direct est assez restreint.

J'ai essayé un certain nombre de métaux parmi lesquels le chrome, le nickel, l'étain, le cadmium, le plomb, le bismuth, le platine, l'iridium, le palladium et le rhodium. Les projections ont été effectuées successivement dans des atmosphères raréfiées d'air, d'hydrogène et d'argon; la projection est, en général, plus facile et plus rapide dans l'hydrogène que dans l'air et dans l'argon que dans l'hydrogène; il y a même certains métaux que nous n'avons pu projeter que dans l'argon; par contre les dépôts produits dans l'argon ont parfois un facteur de réflexion inférieur à ceux qu'on obtient dans l'air ou dans l'hydrogène.

Les métaux de la famille du platine ont fait l'objet de nombreux essais : leur stabilité vis-à-vis des agents atmosphériques et le facteur de réflexion élevé de certains d'entre eux nous faisaient espérer des résultats utiles, mais je n'ai pu obtenir avec l'iridium et le rhodium de bons dépôts; par contre, certains métaux mous comme le plomb et l'étain qui se projettent facilement fournissent des dépôts qui ont d'intéressantes propriétés : le plomb, pour de faibles densités optiques, présente un facteur de réflexion presque égal à celui de l'argent, mais le facteur de réflexion n'augmente pas avec l'épaisseur du dépôt.

L'étain se projette bien dans l'hydrogène et dans l'argon à condition de prendre certaines précautions pour éviter la fusion de l'électrode; on peut obtenir des dépôts d'étain dont le facteur de réflexion atteint 0,80. Les films examinés par transmission en lumière blanche semblent sensiblement neutres. Le facteur de réflexion de l'étain, qui atteint 0,80, est inférieur à celui que nous avons mesuré sur de l'argent déposé par projection cathodique qui est d'environ 0,87; mais par contre la stabilité de l'étain vis-à-vis des agents atmosphériques est très supérieure à celle de l'argent. Le facteur de réflexion d'échantillons d'étain, mesuré chaque jour, n'a montré au bout d'un mois qu'une diminution de 1 à 2 pour 100, alors que celui de surfaces argentées placées dans les mêmes conditions avaient baissé de plus d'un tiers.

Étant donnée la facilité avec laquelle on peut projeter de l'étain, il semble que ce procédé pourrait rendre des services dans tous les cas où l'on veut obtenir une réflexion métallique sans traverser une lame de verre; la projection cathodique dispense de plus du brunissage nécessaire après le dépôt chimique de l'argent.

La projection de l'étain pourrait sans doute se faire sur des supports autres que le verre; ce serait peut-être là un moyen de réaliser des miroirs astronomiques de grandes dimensions.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude des variations de la teneur en azote en des points très localisés du feuillage de la vigne.* Note (1) de MM. **Henri Lagatu, Louis Maume** et Mlle **Lucienne Cros.**

Au sujet du diagnostic foliaire de la vigne, nous nous sommes proposé de voir si, en prélevant à l'emporte-pièce sur le pourtour du limbe à différentes époques un fragment d'*une même feuille*, on retrouverait les caractéristiques relevées pour l'azote par le mode d'échantillonnage habituel, faisant porter l'analyse sur des lots de feuilles de même rang prélevées sur plusieurs rameaux fructifères appartenant à plusieurs souches.

Première expérience. — Sur un unique pied de vigne on a choisi en 1930 un unique rameau fructifère bien conformé. On a marqué les feuilles occupant à partir de la base du rameau les rangs 1, 3 et 5. Sur ces trois feuilles, on a fait simultanément, du 15 mai au 17 juillet, cinq prélèvements à l'emporte-pièce d'une portion du limbe, soit 120^{mg} à 200^{mg} de matière fraîche donnant 17^{mg} à 60^{mg} de matière sèche, sur laquelle on a déterminé l'azote par la méthode de semi-microdosage avec l'appareil de Parnas et Wagner (2) construit avec de légères modifications en verre pyrex.

Dates des prélèvements.	Azote pour 100 de matière sèche. Rang 1.	Rang 3.	Rang 5.
15 mai	2,70	2,92	3,32
8 juin	2,43	2,61	2,93
19 »	1,89	2,13	2,45
30 »	1,80	1,88	2,17
17 juillet	1,51	1,72	1,93

On voit que, conformément aux résultats déjà établis par la méthode du

(1) Séance du 1er février 1932.

(2) *Biochemische Zeitschrift*, 123, 1921, p. 253-256.

diagnostic foliaire : 1° la teneur de l'azote de la feuille décroît avec l'âge; 2° toute feuille apparue sur un même rameau plus tard qu'une autre est, au même moment, plus riche en azote que cette autre. Pris à des places échelonnées sur un même rameau ou à des époques successives du développement, tous ces échantillons ont fourni des teneurs en azote systématiquement différentes.

Deuxième expérience. — En 1931, on a fait choix de huit souches sensiblement comparables, réparties en quatre couples de deux individus semblablement traités. Sur chaque souche on a choisi ensuite, à partir du 15 mai, un rameau fructifère normal et à la base du rameau une feuille bien constituée. C'est sur cette unique feuille de la base qu'on a prélevé à l'emporte-pièce des échantillons sur le pourtour du limbe et effectué les dosages de l'azote avec l'appareil Parnas et Wagner.

Engrais par souche.	Numéros des souches.	Azote pour 100 de matière sèche. 15 mai.	26 mai.	12 juin.	22 juin.
Aucun engrais	1	3,33	2,86	2,42	2,00
	2	3,24	2,82	2,31	2,05
500g de K^2O du chlorure	3	3,63	2,60	2,28	1,96
	4	3,52	2,83	2,36	2,07
500g de P^2O^5 du superphosphate	5	3,07	2,80	2,41	2,09
	6	2,88	2,73	2,49	2,04
500g de N du sulfate d'ammoniaque	7	4,19	3,91	3,13	2,43
	8	4,14	3,85	3,07	2,57

Ce tableau montre clairement que :

1° L'évolution de la teneur en azote de deux feuilles de base, provenant respectivement de deux pieds de vigne sensiblement pareils quant à l'aspect et recevant un même engrais, est identique; ce qui justifie l'échantillonnage habituel;

2° La forte fumure phosphatée a empêché la feuille de s'enrichir en azote au début de la végétation; la forte fumure potassique n'a pas freiné l'absorption de l'azote; la forte fumure phosphatée a très nettement enrichi la feuille en azote : faits déjà reconnus par l'analyse d'échantillons provenant d'un grand nombre de feuilles de même rang.

Ces expériences apportent une contribution, restreinte mais précise, à l'établissement de la proposition suivante : deux individus d'une même variété végétale étant donnés, si, à la même époque de leur développement dans un même milieu physique, l'on considère deux points morphologiquement homologues, ces deux points sont le siège des mêmes processus physiologiques quand les milieux nutritifs des deux individus sont identiques;

de processus physiologiques différents quand les milieux nutritifs sont différents.

Cette proposition définit la plasticité physiologique et chimique de l'individu végétal. La plasticité morphologique, exploitée par l'agriculture intensive et par l'horticulture, n'en est que le corollaire.

M. **L. Lecornu** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Roger Prochasson : *Le Risque de l'Air*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Paul Pascal**, par l'organe de M. H. Le Chatelier, fait hommage à l'Académie des tomes II et III du *Traité de Chimie générale* publié sous sa direction. Secrétaire général : Paul Baud.

ÉLECTIONS.

M. **Theobald Smith** est élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale par 42 suffrages contre 2 à M. *Costantino Gorini* et 2 à M. *Erich Tschermak*. Il y a 2 bulletins nuls.

M. **Jules Schokalsky** est élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation par 25 suffrages contre 17 à M. *Pierre de Vanssay* et 2 à M. *F. A. Vening Meinez*. Il y a 1 bulletin nul.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° David Ellis. *Sulphur Bacteria*.

2° Emil Severin. *Petrolul. Studiu fizic, chimic, geologic, technologic și economic*. (Présenté par M. C. Matignon.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Riquier.* Note de M. **Miron Nicolesco**, présentée par M. E. Goursat.

1. La Note de M. Jean-Pierre Robert ([1]) sur le problème de Riquier paraît à un moment où je m'occupe moi-même de la même question. Je trouve par conséquent nécessaire de faire connaître mes résultats sur ce sujet.

Contrairement à ce que fait M. Jean-Pierre Robert, je traiterai le problème dans l'espace à n dimensions. Le problème que je résous est un peu plus général que celui de Riquier : *Déterminer une fonction $u(A)$, définie dans une région R où elle possède des dérivées partielles jusqu'à l'ordre $2p$ inclusivement, connaissant les valeurs prises sur la frontière par cette fonction et ses $p-1$ premiers laplaciens, ainsi que les valeurs du $p^{\text{ième}}$ laplacien dans toute la région.*

2. Soit R une région de l'espace à n dimensions, formée d'un domaine D et une frontière F. Je désignerai par $dv(Q)$ un élément de volume entourant le point Q de D et par $d\sigma(P)$ un élément d'hypersurface entourant le point P de F. Soit $\mathcal{G}(P, A)$ la fonction de Green relativement au domaine D et au point A intérieur. Je poserai

$$G(P, A) = \frac{-1}{(n-2)\sigma_n}\mathcal{G}(P, A),$$

où σ_n est la surface de l'hypersphère-unité de l'espace à n dimensions et je définirai la suite des fonctions

$$(1) \qquad \overset{**}{G}{}^{1}(P, A) = G(P, A), \quad \overset{**}{G}{}^{2}(P, A), \quad \ldots, \quad \overset{**}{G}{}^{i}(P, A), \quad \ldots$$

par la relation de récurrence ([2])

$$\overset{**}{G}{}^{i}(P, A) = \int_D G(P, Q)\overset{**}{G}{}^{i-1}(Q, A)\,dv(Q) \qquad (i = 2, 3, \ldots, p).$$

Il est facile de vérifier les propriétés suivantes de ces fonctions :

1° Toutes les fonctions de la suite (1) — sauf la première — sont continues dans D, par rapport au point P, le point $P = A$ inclus.

([1]) J.-P. Robert, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 428.

([2]) La fonction $\overset{**}{G}{}^{i}(P, A)$ est, suivant la terminologie de M. Vito Volterra, la *puissance p de composition* (de seconde espèce) de $G(P, A)$, relativement au domaine D.

2° Toutes les fonctions de la suite (1) s'annulent sur F.

3° On a, quel que soit i,

$$\Delta \overset{**}{G}^{i}(P, A) = \overset{**}{G}^{i-1}(P, A),$$

d'où il résulte

$$\Delta^{i-1} \overset{**}{G}^{i}(P, A) = G(P, A).$$

On peut appeler $\overset{**}{G}^{i}(P, A)$ *fonction de Green, d'ordre i*, pour le domaine D.

3. Cela étant, la solution du problème énoncé au n° 1 est donnée par la formule suivante :

$$(2) \quad u(A) = -\sum_{i=0}^{p-1} \int_F \Delta^i u(P) \frac{d\overset{**}{G}^{i+1}(P, A)}{dn} d\sigma(P) + \int_D \overset{**}{G}^{p}(Q, A) \Delta^p u(Q) \, dv(Q).$$

où les dérivées sont prises suivant la normale intérieure.

Si $u(A)$ est harmonique d'ordre p dans D, l'intégrale de volume disparaît et la formule précédente donne la solution du problème de Riquier.

4. Voici une conséquence importante de la formule (2). Supposons la fonction $u(A)$ indéfiniment différentiable, et

$$\lim_{p \to \infty} \int_D \overset{**}{G}^{p}(Q, A) \Delta^p u(Q) \, dv(Q) = 0.$$

On obtient la formule

$$u(A) = -\sum_{i=0}^{\infty} \int_F \Delta^i u(P) \frac{d\overset{**}{G}^{i+1}(P, A)}{dn} d\sigma(P)$$

qui donne la valeur d'une fonction u en un point A de D, en fonction des valeurs de cette fonction et de tous ses laplaciens sur la frontière F.

Ajoutons pour finir que l'on a la même formule que (2) pour le problème extérieur, à condition de faire des hypothèses spéciales sur la manière dont u et ses dérivées partielles, jusqu'à l'ordre $2p-1$ inclusivement, se comportent à l'infini.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations intégrales singulières.* Note de M. S. **Sanielevici**, présentée par M. E. Goursat.

Considérons l'équation intégrale

$$(1) \qquad \varphi(x) - \lambda \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\alpha}{2} e^{-|x-\alpha s|} \varphi(s) \, ds = 0,$$

où l'on suppose $0 < \alpha < 1$.

C'est l'équation singulière de M. Picard, dont le noyau a été rendu asymétrique par le facteur α.

La fonction $\varphi(x)$ vérifie aussi l'équation différentiello-fonctionnelle

$$(2) \qquad \varphi''(x) - \varphi(x) + \lambda\varphi\left(\frac{x}{\alpha}\right) = 0.$$

Réciproquement, toute solution de (2) telle que l'intégrale définie ait un sens vérifie aussi (1). En particulier, cela est vrai des fonctions continues qui deviennent infinies tout au plus comme un polynome.

Pour $\lambda = \alpha^n$, l'équation (2) admet comme solution un polynome de degré n [1]. Par exemple, pour $\lambda = \alpha^{2m}$ on a

$$\varphi(x) = 1 + \frac{x^2(1-\alpha^{2m})}{2!} + \frac{x^4(1-\alpha^{2m})(1-\alpha^{2m-2})}{4!} + \ldots + \frac{x^{2m}(1-\alpha^{2m})\ldots(1-\alpha^2)}{2m!}.$$

Les nombres α^n sont donc valeurs caractéristiques pour l'équation (1). Elles ont zéro comme valeur limite; $\lambda = 0$ n'est pas une valeur caractéristique.

Considérons maintenant l'équation

$$(3) \qquad \varphi''(x) - \varphi(x) + \lambda\varphi\left(\frac{x}{\alpha}\right) = f(x).$$

Il lui correspond une équation intégrale dont le second membre est

$$-\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{2} e^{-|x-s|} f(s)\, ds.$$

Si $f(x)$ est une fonction continue devenant infinie tout au plus comme un polynome, on peut appliquer à l'équation intégrale la méthode classique d'approximations successives, à partir de $\lambda = 0$. Malgré qu'il y ait des valeurs caractéristiques dans tout voisinage de $\lambda = 0$, cette série a un rayon de convergence non nul. Une circonstance analogue a déjà été signalée par M. Goursat pour l'équation

$$\varphi(x) = \lambda \int_x^{\infty} \frac{(s-x)^n}{n!} \varphi(s)\, ds + f(x).$$

Par exemple, si $f(x)$ est borné la série sera convergente dans l'intervalle $|\lambda| < 1$. Si $f(x)$ est un polynome de degré n la solution de (3) sera un polynome du même degré qui, comme fonction de λ, aura les pôles

---

(1) Pour λ quelconque l'équation n'a pas d'intégrale analytique.

$\alpha, \alpha, \alpha^2, \ldots, \alpha^n$; la série obtenue par approximations suceessives convergera donc pour $|\lambda| < \alpha^n$.

En prenant

$$f(x) = \sum_0^\infty a_n \sin \frac{x}{\alpha^n},$$

où $\Sigma |a_n|$ est une série convergente, la série obtenue sera convergente pour λ quelconque.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE. — *Relativité et Quanta*. Note de M. **Mariani**, présentée par M. Jean Perrin.

On peut généraliser le principe de relativité et en même temps interpréter le dualisme qui se présente à l'échelle atomique entre ondes et corpuscules en adoptant les deux postulats de base suivants :

I. La relation établie par l'observation entre un système de référence et un système observé est une relation de contact (au sens analytique du terme).

II. Les lois de la nature sont les invariants caractéristiques du groupe continu des transformations de contact qui permettent de passer d'un ensemble : système de référence — système observé quelconque à un autre ensemble de même nature.

Cette dernière proposition sera appelée principe de subjectivité; elle constitue une généralisation du principe de relativité, car elle conduit à substituer aux transformations ponctuelles laissant invariant un ds^2 donné, les transformations de contact, qui sont beaucoup plus générales; l'univers physique n'est alors plus un continuum riemannien, mais une multiplicité caractéristique, l'élément générateur étant l'élément de contact et non le point.

Dans la théorie classique, le mouvement d'un système ponctuel quelconque Σ est décrit par un groupe de transformations ponctuelles $\mathcal{G}_p$ dépendant d'un paramètre s (l'intervalle d'univers) et la structure géométrique du système reste inaltérée au cours du mouvement; à notre point de vue, le système Σ est le support ponctuel d'une multiplicité caractéristique, variable en fonction de s et sa structure n'est plus en général invariante; les équations finies de la transformation la plus générale du groupe à un

paramètre s sont alors, en coordonnées homogènes :

$$(1)\qquad \begin{cases} x'^i = f^i(x^1, x^2, \ldots, x^n, p_1, p_2, \ldots, p_n; s) \\ p'_i = \varphi_i(x^1, x^2, \ldots, x^n, p_1, p_2, \ldots, p_n; s) \end{cases} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

avec la condition supplémentaire

$$(2)\qquad \sum_1^n p'_i\, dx'^i - \sum_1^n p_i\, dx^i = d\mathrm{U}(x^i, p_i).$$

En supposant qu'il n'y ait qu'une seule équation directrice

$$(3)\qquad \Omega(x'^1, x'^2, \ldots, x'^n, x^1, x^2, \ldots, x^n; s) = 0,$$

on a les relations

$$(4)\qquad p_i = \frac{\partial\Omega}{\partial x^i};$$

les p_i sont les composantes de la direction du mouvement au point de coordonnées x^i; les équations différentielles du mouvement sont les équations canoniques

$$(5)\qquad \frac{dx^i}{ds} = \frac{\partial\mathrm{H}}{\partial p_i}; \qquad \frac{dp_i}{ds} = -\frac{\partial\mathrm{H}}{\partial x^i}$$

où

$$\mathrm{H} = \sum_1^n p_i \frac{dx^i}{ds} - \mathrm{U}(x^i, p_i);$$

la forme différentielle linéaire

$$(6)\qquad \int\left(\sum_1^n p_i\, dx^i - \mathrm{H}\right) ds = \int \mathrm{U}(x^i, p_i)\, ds$$

est la forme métrique fondamentale; la vitesse de propagation de la surface variable (3), qui se déplace, quand s varie de la même manière qu'un front d'ondes [1], est donnée par

$$(7)\qquad \frac{\partial\Omega}{\partial x^i}\frac{dx^i}{ds} + \frac{\partial\Omega}{\partial s} = 0 \qquad \text{ou} \qquad \vec{\mathrm{V}} = \frac{\frac{\partial\Omega}{\partial s}}{\overrightarrow{\mathrm{grad}}\,\Omega}.$$

---

(1) Voir à ce sujet : SOPHUS LIE, *Die infinitesimalen Berührungstransformationen der Optik* (*Leipziger Berichte*, 1896, p. 131-132, et *Geometrie der Berührungstransformationen*, Leipzig, Teubner, 1896, p. 93-107); VESSIOT, *Bull. Soc. math. France*, 34, 1906, p. 230-269; E. O. LOVETT, *Contact transformations and Optics.* (*Cambridge philosophical Society*, *Stokes commemoration*, 1899, p. 256-268).

Si l'on admet que les lois géométriques ainsi trouvées sont identiques aux lois physiques à un facteur d'homogénéité près, on doit poser

$$H^* = hH; \qquad p_i^* = hp_i$$

(H étant, par définition, la fonction de Hamilton, les p_i^* les composantes de la quantité de mouvement, h la constante de Planck).

On peut alors établir que, conformément aux postulats de la mécanique quantique, les x^i et les p_i^* ne peuvent être simultanément déterminés; en effet, si les x^i ont des valeurs fixes x_0^i, pour une certaine valeur $s = s_0$ du paramètre (le support ponctuel Σ est alors un point quand $s = s_0$), l'équation de Pfaff devient $\sum_1^n p_i^* \, dx^i = 0$ et elle est identiquement vérifiée pour n'importe quelle valeur des p_i^*; la réciproque s'établit immédiatement au moyen d'une transformation de Legendre; le principe d'indétermination de Heisenberg apparaît donc comme identique au principe de dualité géométrique de Gergonne.

ÉLASTICITÉ. — *Sur une propriété des cylindres circulaires soumis à la torsion.* Note de M. **Édouard Callandreau.**

1. On sait que, dans un cylindre circulaire droit homogène soumis à la torsion simple, le déplacement w suivant l'axe est nul pour tous les points d'une section plane normale à l'axe. Je voudrais montrer, d'une manière très simple qui ne semble pas avoir été envisagée, que réciproquement le cylindre circulaire plein, ou creux d'épaisseur constante, constitue la seule pièce prismatique jouissant de cette propriété que ses sections normales à l'axe restent planes après déformation, et coïncident avec leurs déformées.

2. *Cylindre plein.* — Les équations rapprochées de la tangente à une ligne de tension $f(x, y) = 0$, en xy et du vecteur tension en ce point dont les composantes T_{zy} et T_{zx} sont proportionnelles, k étant une constante à $kx + \partial w/\partial y$ et $-ky + \partial w/\partial x$, conduisent aux relations

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \lambda\left(kx + \frac{\partial w}{\partial y}\right), \qquad \frac{\partial f}{\partial y} = -\lambda\left(-ky + \frac{\partial w}{\partial x}\right).$$

L'équation aux différentielles totales $df = 0$, qui s'écrit alors

$$\left(kx + \frac{\partial w}{\partial y}\right)dx - \left(-ky + \frac{\partial w}{\partial x}\right)dy = 0, \tag{1}$$

n'est autre que l'équation différentielle de la ligne de tension au point considéré. L'intégration donne

$$(2)\qquad k\frac{x^2+y^2}{2}+\int\frac{\partial w}{\partial y}dx-\frac{\partial w}{\partial x}dy=k\frac{x^2+y^2}{2}+W=0,$$

avec la condition de différentielle exacte de la quantité sous le signe $\int$:

$$(3)\qquad \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}=0.$$

Ces résultats sont encore valables pour le contour libre de la section qui est ligne de tension, puisque la composante normale de tension s'y annule en tous points.

Or si une section normale à l'axe reste plane après déformation, la forme la plus générale de w sera $mx+ny+h$ [satisfaisant à la condition (3)], et l'intégration de (1) ou (2) ne peut conduire qu'à l'équation d'un cercle. La section déformée coïncide du reste avec la section initiale, c'est-à-dire que l'on a $w=0$ dans la torsion simple.

3. *Cylindre creux.* — L'égalité des deux premiers membres de (2) différentiés montre que W est fonction harmonique conjuguée de w, de sorte que $W+iw$ est une fonction analytique, holomorphe à l'intérieur du domaine définissant la section du cylindre plein.

Dans le cas où le domaine n'est pas *simplement* connexe (correspondant en pratique au cylindre évidé), la fonction analytique $W+iw$ présente en général des points critiques. W s'écrirait donc $U_1+\Sigma V_i \log \operatorname{mod}(Z_i-z_i)$, et w alors de la forme $U_2+\Sigma V_i\alpha_i$ (α_i représentant l'argument de Z_i-z_i) serait multiforme, ce que l'on ne peut admettre pour le problème d'élasticité étudié. En fait il suffit d'écrire que $\int dw$ doit être nul pour un chemin fermé de la section laissant à son intérieur les contours C_i enveloppant les n points critiques, ce qui conduit à n relations $V_i=0$, et permet ainsi d'obtenir w uniforme ainsi qu'il doit être dans une question qui revient en fait à un problème de Neuman.

Retenant le cas de l'aire doublement connexe C_eC_i relative à un cylindre creux, w uniforme, harmonique à l'intérieur du cercle C_e qui doit être pris comme contour extérieur, l'est *a fortiori* dans la couronne C_eC_i. Et pour que la solution w du cylindre plein soit aussi solution pour le cylindre creux,

il faut et il suffit, en torsion simple, que la condition sur C_i s'identifie avec la condition sur C_e; ce qui oblige à prendre C_i homothétique, et concentrique à C_e, car alors w indépendant *du* paramètre des courbes C et vérifiant la condition sur C_e vérifiera la condition sur C_i. On sait du reste qu'alors C_i n'est sollicité par aucune force élastique.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur l'isochronisme d'un pendule entretenu par une impulsion agissant après la verticale.* Note de MM. **Ch. Féry** et **N. Stoyko**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'un de nous a anciennement [1] attiré l'attention sur la perturbation profonde de l'isochronisme d'un pendule dont la restitution a lieu après le passage à la verticale. L'effet perturbateur consiste en un retard aux petits arcs, cet effet perturbateur diminuant régulièrement lorsque l'amplitude augmente par suite de l'accroissement de la force restitutrice.

La loi qui régit la durée d'oscillation en fonction de l'amplitude devient alors une fonction qui passe par un minimum pour une amplitude particulière appelée dans cette Note amplitude de réglage, et pour laquelle l'isochronisme est meilleur que celui du même pendule fonctionnant librement.

De nombreuses vérifications expérimentales ayant été faites depuis 1905 sur des pendules et même des balanciers circulaires actionnés électriquement dans ces conditions, il est intéressant de soumettre ce mode d'entretien au calcul afin de pouvoir déterminer, en fonction de l'angle de restitution (α_1), l'amplitude de réglage (α_0 min.) qui convient à un appareil donné.

Il est à remarquer que si ces conditions sont remplies, le pendule conserve à cette amplitude une grande puissance réglante en même temps qu'une insensibilité remarquable aux causes perturbatrices qui tendent à modifier son amplitude.

Si la semi-amplitude du balancier libre est α_0, nous pouvons écrire que

---

(1) *Sur l'isochronisme du pendule des horloges astronomiques* (*Comptes rendus*, 140, 1905, p. 106).

sa période est

$$T = T_0\left(1 + \frac{\alpha_0^2}{16}\right), \tag{1}$$

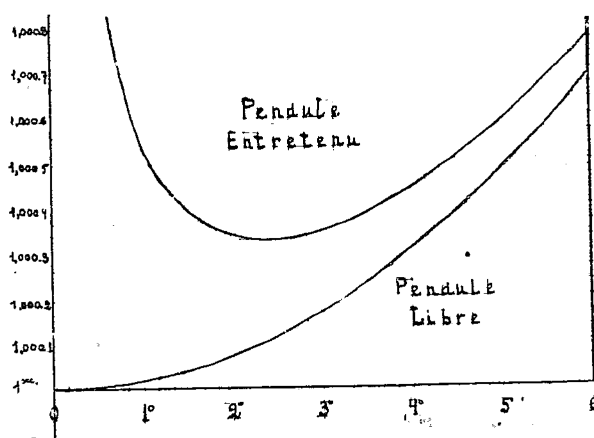
où T_0 est la période pour l'amplitude infiniment petite. L'angle de déviation (α) avec la verticale et la vitesse angulaire (v) au moment t sont, en négligeant le terme qui dépend de $r \sin(2\pi t : T)$,

$$\alpha = \alpha_0 e^{-rt} \sin\frac{2\pi}{T}t, \qquad v = \frac{2\pi\alpha_0}{T} e^{-rt} \cos\frac{2\pi}{T}t, \tag{2}$$

où r est le coefficient d'amortissement du pendule. Le temps nécessaire pour aller de la position verticale à une position faisant l'angle α_1 (l'angle de restitution) avec elle est

$$t_1 = \frac{T}{2\pi} \operatorname{arc\,tang} \frac{2\pi\alpha_1}{T v_1}.$$

A cet instant une impulsion $\mathcal{J} = I\,dv$ agit sur le balancier et fait changer sa vitesse de dv. Le temps nécessaire au balancier pour aller de l'angle de



restitution à la position α_0 sera approximativement

$$\frac{T}{4} - \frac{T}{2\pi} \operatorname{arc\,tang} \frac{2\pi\alpha_1}{T(v_1 + dv)}.$$

Ainsi l'accroissement du temps est égal à

$$\Delta T = \frac{\alpha_1\,dv}{v_1^2} = \frac{T}{2}\frac{\alpha_1}{\alpha_0}\left(e^{\frac{rT}{2}} - 1\right)\frac{1}{\pi \cos\frac{2\pi}{T}t_1} = \frac{T}{2}\frac{\alpha_1}{\alpha_0}k, \tag{3}$$

en tenant compte que

$$(4)\qquad v_1 = \frac{2\pi\alpha_0}{T} e^{-\frac{rT}{4}} \cos\frac{2\pi}{T} t_1, \qquad dv = \frac{2\pi\alpha_0}{T} e^{\frac{rT}{4}} \left(1 - e^{-\frac{rT}{2}}\right) \cos\frac{2\pi}{T} t_1.$$

Quand le balancier va de la position α_0 à celle de $\alpha = 0$, la force perturbatrice n'agit pas et nous avons pour le temps T : 4.

Ainsi la demi-période du pendule entretenu est égale à

$$(5)\qquad \frac{T_1}{2} = \frac{T}{2} + \frac{T}{2}\frac{\alpha_1}{\alpha_0}k = \frac{T}{2}\left(1 + \frac{k\alpha_1}{\alpha_0}\right) = \frac{T_0}{2}\left(1 + \frac{\alpha_0^2}{16} + \frac{k\alpha_1}{\alpha_0}\right) = \frac{T}{2}\varphi(\alpha_0).$$

La fonction $\varphi(\alpha_0)$ a son minimum pour *l'amplitude de réglage*

$$(6)\qquad \alpha_{0\min} = 2\sqrt[3]{k\alpha_1}.$$

Soient l'angle de restitution $\alpha_1 = 10'$ et $r = 1 : 100$, alors *l'amplitude de réglage* pour un pendule battant la seconde est

$$\alpha_{0\min} = 2^0 24', 4 \qquad \text{et} \qquad \vartheta = \mathrm{I}\, dv = \mathrm{I} \times 0{,}03152\,\alpha_0.$$

La courbe de la figure qui représente la fonction (5), représentant la variation de la période du pendule en fonction de son amplitude, a bien la même allure que la courbe expérimentalement obtenue.

Il semble donc bien que cette perturbation heureuse, aux environs de l'amplitude de réglage, de la loi d'isochronisme naturel du pendule constitue un des procédés les plus simples pour obtenir un bon isochronisme en même temps qu'une grande puissance réglante dans un appareil horaire.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Sur une nouvelle caractéristique de l'électron de Dirac.* Note de M. **Al. Proca**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Un électron de Dirac possède un moment mécanique, tenseur antisymétrique du second rang, dont les composantes λ_{rs} sont, au facteur $(\varkappa/2 = h/4\pi i)$ près,

$$(1)\qquad \left\{ \begin{array}{lll} \alpha_2\alpha_3, & \alpha_3\alpha_1, & \alpha_1\alpha_2, \\ \alpha_1, & \alpha_2, & \alpha_3. \end{array} \right.$$

Le procédé le plus simple et le plus correct pour l'établir consiste à partir

des intégrales premières suivantes valables en l'absence de champ :

$$(2) \qquad \frac{d}{dt}\left(x_2 p_3 - x_3 p_2 + \frac{\varkappa}{2}\alpha_2\alpha_3\right) = 0,$$

$$(3) \qquad \frac{d}{dt}\left(x_1 \frac{H}{c} - ctp_1 + \frac{\varkappa}{2}\alpha_1\right) = 0,$$

dont on vérifie l'exactitude immédiatement [1].

2. Avec un vecteur à six composantes λ_{rs} on peut former, entre autres, un invariant

$$(4) \qquad b = \lambda_{23}\lambda_{14} + \lambda_{31}\lambda_{24} + \lambda_{12}\lambda_{34}.$$

Formons l'expression analogue avec les composantes de (1). Il faut être prudent puisqu'il s'agit d'opérateurs; cependant remarquons que les opérateurs que nous multiplions sont *commutables* ($\alpha_2\alpha_3$ avec α_1, etc.). Quoi qu'il en soit, on a

$$(5) \qquad b = \frac{\varkappa^2}{4}(\alpha_2\alpha_3.\alpha_1 + \alpha_3\alpha_1.\alpha_2 + \alpha_1\alpha_2.\alpha_3).$$

On constate que b est effectivement un invariant, puisque $\alpha_1\alpha_2\alpha_3$ l'est; cela est de nature à nous confirmer dans l'opinion que l'opération (5) est correcte. On constate encore que *cet invariant n'est jamais nul*, ce qui est évident [2].

3. L'interprétation mécanique de ce résultat n'est pas immédiate; mais on peut en donner une autre, de nature électromagnétique, qui est plus intuitive. Un électron possède un moment magnétique m et un moment électrique p. On peut dire qu'il a un moment magnétique parce qu'il

---

(1) On trouve quelquefois l'affirmation que $\alpha_2\alpha_3$, $\alpha_3\alpha_1$, $\alpha_1\alpha_2$ étant proportionnelles au moment magnétique, $\alpha_1\alpha_4$, $\alpha_2\alpha_4$, $\alpha_3\alpha_4$ sont proportionnelles au moment électrique correspondant. Cela est manifestement incorrect, ces grandeurs ne formant pas un tenseur.

Les équations (3) permettent en outre de donner, par une simple quadrature, la décomposition de Schrödinger en une partie linéaire et une partie oscillante, pour les coordonnées

$$x_1 = \text{const.} + c^2 H^{-1} p_1.t - \frac{c\varkappa}{2} H^{-1}\alpha_1.$$

(2) Il n'est pas certain que nous ayons le droit de grouper les trois termes en un seul, mais on peut affirmer que *la somme* (5) n'aura jamais la valeur propre zéro. Cela nous est d'ailleurs confirmé par le calcul des expressions quadratiques en ψ_1, ψ_2, ψ_3, ψ_4, qui représentent des moyennes observables. La somme $\Sigma\lambda_{rs}\lambda_{ik}$ formée avec les composantes du tenseur antisymétrique est égale simplement au produit des deux invariants I et J de Darwin; dans le cas qui nous occupe, nous avons également le produit de deux opérateurs invariants 1 et $\alpha_1\alpha_2\alpha_3$.

est constitué par une charge électrique tournant autour d'un axe. Il en résulte que, dans un système de coordonnées S', dans lequel l'électron n'a qu'un mouvement de rotation, son moment *électrique est nul*. Indépendamment de toute image, cela veut dire que, d'après les conceptions actuellement admises, il existe un système d'axes particulier pour lequel $p' = 0$ (¹).

Formons alors $\Sigma m_i p_i = (mp)$, qui est un invariant. On aura toujours

$$(mp) = (m'p') = 0.$$

Mais alors, *si l'on constate que* $(m'p') \neq 0$, on devra en conclure que dans le système S' l'électron possède un moment électrique non nul. Donc l'*électron de Dirac possède, outre le moment magnétique de* Uhlenbeck *et* Goudsmit, *un moment électrique propre, distinct de celui qui résulte du moment magnétique, par le jeu des transformations de Lorentz.*

4. L'image élémentaire utilisée plus haut permet d'exprimer cela d'une façon plus saisissante. Dans le système S' le moment électrique qui provient de la charge électrique est *nul*; le moment électrique supplémentaire peut être considéré comme provenant *de la rotation d'une charge magnétique libre* μ (laquelle à son tour n'aurait pas de moment *magnétique* dans S').

Si l'on suppose que les formules classiques ou semi-quantiques sont les mêmes pour un pôle magnétique que pour un électron (ce qui est loin d'être prouvé), on déduit pour un électron de Dirac

$$\mu = e\alpha_1\alpha_2\alpha_3.$$

Enfin on s'assure facilement que $\alpha_1\alpha_2\alpha_3$ est une grandeur oscillante avec la fréquence $2H/\varkappa$. Donc *tout se passe comme si un électron de Dirac possédait, outre sa charge électrique* e, *une charge magnétique libre, oscillante et d'amplitude numériquement égale à la première*, $\mu = e$.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Remarques sur les intégrales premières de la Mécanique ondulatoire*. Note de M. **Louis de Broglie**, présentée par M. M. de Broglie.

On dit en Mécanique ondulatoire qu'un opérateur A correspondant à une grandeur mécanique est une intégrale première si l'on a

$$(1) \qquad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{1}{\varkappa}(AH - HA) = 0 \qquad \left(\varkappa = \frac{h}{2\pi i}\right).$$

(¹) Cf., par exemple: Frenkel, *Lehrbuch der Elektrodynamik*, p. 353.

On peut vérifier que cette définition est identique à la suivante : soit $\omega_k(t)$ la solution de l'équation des ondes

$$H(\Psi) = \varkappa \frac{\partial \Psi}{\partial t} \tag{2}$$

(où H est l'opérateur hamiltonien du problème envisagé) qui coïncide à l'instant initial $t = 0$ avec la $k^{\text{ième}}$ fonction propre Ψ_k^0 de l'opérateur H à cet instant initial. L'opérateur A est une intégrale première si la matrice correspondant à cet opérateur dans le système des fonctions ω_k est indépendante du temps.

En vertu de cette seconde définition, si A_0 représente la valeur de l'opérateur A à l'instant o et si $A_0^{\Psi_k^0}$ et $A_t^{\omega_k(t)}$ représentent respectivement la matrice correspondant à l'opérateur A_0 dans le système des Ψ_k^0 et la matrice correspondant à l'opérateur A de l'instant t dans le système des $\omega_k(t)$, on a

$$A_t^{\omega_k(t)} = A_0^{\Psi_k^0}, \tag{3}$$

si A est intégrale première.

Il existe une relation intéressante entre les opérations A et A_0 et l'opérateur $U(t)$ qui transforme la forme initiale Ψ^0 d'une solution quelconque de l'équation (2) à l'instant o en la forme Ψ de cette solution à l'instant t. En effet, comme on a

$$\omega_k(t) = U(t)\,\Psi_k^0, \tag{4}$$

les matrices $A_t^{\omega_k(t)}$ et $A_t^{\Psi_k^0}$ étant les matrices qui correspondent au même opérateur A de l'instant t dans le système des $\omega_k(t)$ et dans celui des Ψ_k^0, on a, comme il est bien connu,

$$A_t^{\omega_k(t)} = U^{-1} A_t^{\Psi_k^0} U, \tag{5}$$

la matrice U étant la matrice unitaire formée à partir de l'opérateur $U(t)$ dans le système des Ψ^0 et U^{-1} étant la matrice inverse. En vertu de (3), on a donc

$$A_0^{\Psi_k^0} = U^{-1} A_t^{\Psi_k^0} U, \tag{6}$$

et, comme toutes les matrices sont ici exprimées dans un même système (celui des Ψ_k^0), on en déduit l'équation entre opérateurs :

$$A_0 = U^{-1} A U, \tag{7}$$

ou, en inversant et explicitant,

$$A(t) = U(t)\, A(0)\, U^{-1}(t). \tag{8}$$

Donc à tout opératenr A(o) représentant une grandeur mécanique à l'instant o correspond un opérateur intégrale première A(t) défini par (8).

Appliquons ceci au cas du mouvement en l'absence de champ. On peut alors poser

$$(9)\qquad H = \frac{1}{2m}\varkappa^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2}, \qquad U(t) = e^{\frac{1}{\varkappa}Ht}.$$

Cherchons l'intégrale première qui se réduit à A(o) $= x$ à l'instant initial. Nous avons, par (8) et (9),

$$(10)\qquad A(t) = e^{\frac{1}{\varkappa}} \quad x e^{-\frac{1}{\varkappa}Ht} = \sum_1^\infty {}_n \frac{1}{n!}\left(\frac{\varkappa}{2m}\right)^n \frac{\partial^{2n}}{\partial x^{2n}} t^n x e^{-\frac{1}{\varkappa}Ht}$$

$$= \left[x \sum_0^\infty {}_n \frac{1}{n!}\left(\frac{\varkappa}{2m}\right)^n \frac{\partial^{2n}}{\partial x^{2n}} t^n + \sum_1^\infty {}_n \frac{1}{n!}\left(\frac{\varkappa}{2m}\right)^n 2n \frac{\partial^{2n-1}}{\partial x^{2n-1}} t^n \right] e^{-\frac{1}{\varkappa}Ht}$$

$$= x + \frac{\varkappa}{m}\frac{\partial}{\partial x} t \sum_1^\infty {}_n \left[\frac{1}{(n-1)!}\left(\frac{\varkappa}{2m}\right)^{n-1} \frac{\partial^{2(n-1)}}{\partial x^{2(n-1)}} t^{n-1} \right] e^{-\frac{1}{\varkappa}Ht}$$

$$= x + \frac{\varkappa}{m}\frac{\partial}{\partial x} t.$$

L'intégrale première (10) n'est autre que l'analogue, en Mécanique ondulatoire, de l'intégrale première $x - 1/m\, p_x t$ du mouvement libre en Mécanique classique, car on passe de l'ancienne à la nouvelle Mécanique en remplaçant la composante p_x de quantité de mouvement par l'opérateur $-\varkappa\, \partial/\partial x$.

ÉLECTRICITÉ. — *Influence des corps radioactifs sur l'effet Volta.* Note [1] de M. **L. Bouchet**, présentée par M. A. Cotton.

Plusieurs auteurs ont recherché l'action que pourraient avoir les substances radioactives sur l'effet Volta, notamment Mac Lennan et E. F. Burton [2], lord Blysthwood et H. S. Hallen [3] qui ont opéré avec des sels de radium.

Mais leurs résultats n'étaient pas concordants et les forces électromo-

(1) Séance du 11 janvier 1932.
(2) *Phil. Mag.*, 6, 1903, p. 343.
(3) *Phil. Mag.*, 6, 1903, p. 701.

trices différaient beaucoup de celles données par Pellat [1] : c'est pourquoi je me suis également occupé de cette question.

Dispositif employé. — Le dispositif est très simple : la pile ou cellule radioactive que j'ai réalisée comprend : 1° une armature de référence constituée par un disque de laiton doré de 5^{cm} de diamètre environ, pourvu à sa base d'un épaulement; ce disque, avant sa dorure, a été percé de part en part d'une série de trous alternant avec une autre série de rainures d'une profondeur de $1^{mm},5$. Les rainures remplies entièrement d'une poudre très fine d'oxyde noir d'urane sont séparées des trous par des intervalles de quelques millimètres; 2° une deuxième armature ou électrode comprend un disque massif d'un des métaux : Mg, Zn, Cd, Cu.

La première armature fixe s'emboîte très librement dans un vase en verre, elle est séparée de la deuxième par deux couronnes superposées de mica paraffiné, d'une épaisseur totale de $0^{mm},32$; ces deux couronnes, en retrait l'une sur l'autre, débordent largement les deux disques.

Les mesures des forces électromotrices des piles ont été effectuées par la méthode d'opposition, avec comme galvanomètre un Despretz-d'Arsonval sensible à 6.10^{10} ampères, la source de comparaison étant un accumulateur taré à l'aide d'un élément Weston.

Résultats. — De toutes les mesures, faites en variant les conditions expérimentales, je ne citerai que celles correspondant aux circonstances suivantes : tous les métaux examinés, immédiatement avant leur installation, étaient fortement écrouis par un polissage énergique à la toile émeri, suivi d'un nettoyage très soigné à l'alcool à 95°, le vase dans lequel s'emboîte le laiton doré était rempli d'eau distillée, mais de telle sorte que le niveau de l'eau dans les trous était très sensiblement en dessous de la face supérieure du disque de laiton.

Voici les forces électromotrices correspondant à chaque métal, pour des durées des mesures comprises entre une et deux minutes après la mise en place de la deuxième armature; le laiton posé, dans chaque cas, joue le rôle de pôle positif :

Mg.	Zn.	Cd.	Sn.	Cu.
$+1^{v},74$	$+1^{v},10$	$+0^{v},83$	$+0^{v},71$	$+0^{v},23$

Ces métaux, par rapport aux forces électromotrices des cellules correspondantes, se classent dans le même ordre que dans la classification de

(1) *Ann. de Ch. et Ph.*, 5e série, 24, 1881, p. 5.

Thénard; cette remarque, cela va sans dire, ne fournit pas un argument décisif en faveur de la théorie chimique de la pile.

Pour tous les métaux examinés les forces électromotrices ont baissé après chaque mesure : ainsi, pour le couple laiton doré — Mg, la force électromotrice n'était plus que 1,68 volt après 5 minutes d'exposition. J'attribue cette variation à deux causes au moins qui sont les suivantes : 1° une diminution de l'écrouissage; 2° une oxydation du métal.

Il résulte des nombres que j'ai trouvés que l'oxyde noir d'uranium a une action peu marquée sur l'effet Volta, car, en comparant mes résultats, par exemple dans le cas du couple Zn-Cu, avec ceux de Pellat, on voit que, pour la différence de potentiel apparente de ce couple, mes expériences ont donné 0,87 volt et celles de Pellat 0,86 volt. Si les physiciens désignés ci-dessus ont obtenu des nombres très différents (respectivement 0,20 volt et 0,40 volt), cela peut provenir, pour la plus grande part, de ce qu'ils ont expérimenté avec des sels de radium, lesquels, émettant des rayons très pénétrants, ont ionisé l'air en dehors de leurs cellules, comme l'a démontré Greinacher (1), de telle sorte que par leur dispositif ces auteurs ont mesuré en circuit fermé les forces électromotrices de leurs cellules, d'énormes résistances intérieures.

MAGNÉTISME. — *Sur la loi de répartition discontinue des points de Curie.* Note de M. **R. Forrer**, transmise par M. Pierre Weiss.

Des recherches (2) sur les points de Curie ferromagnétiques, paramagnétiques et du champ coercitif m'ont montré que le mécanisme qui détermine le sens + ou — des moments peut être différent de celui duquel dérive leur orientation.

D'autre part j'ai pu rendre compte des phénomènes magnétiques dans les champs moyens par l'hypothèse des multiplets magnétiques (3) et de leurs positions normales dans le réseau.

J'admets que cette position normale du multiplet magnétique résulte de l'existence, dans la couche extérieure de l'atome, d'orbites électroniques fixes, dont l'ensemble, le multiplet électronique a la symétrie et la position du multiplet magnétique.

(1) *Ann. der Physik*, 16, 1905, p. 708.
(2) *Journ. de Phys.*, 1, 1930, p. 49, et 2, 1931, p. 312.
(3) *Journ. de Phys.*, 10, 1929, p. 247.

Ces multiplets électroniques ont donc un double rôle : 1° subir l'influence de la symétrie du réseau ; 2° l'imposer dans une certaine mesure au multiplet magnétique.

Les orbites des multiplets électroniques se touchent si on leur donne un diamètre égal à la distance des centres des atomes situés dans les plans considérés. J'appelle les contacts ainsi obtenus des *contacts efficaces*, et je fais l'hypothèse fondamentale qu'ils sont nécessaires pour la production du ferromagnétisme. Je cherche par conséquent leur relation avec le champ moléculaire par l'intermédiaire du point de Curie.

Je trouve d'abord une confirmation de la signification des contacts qui fixent le diamètre d'une orbite électronique, dans la constance approximative des distances des atomes de fer dans les divers ferromagnétiques.

Dans le fer α les axes des orbites du triplet électronique sont parallèles aux axes (100) par suite de leur parallélisme avec les constituants du triplet magnétique dont la position a été déterminée par l'étude de l'aimantation rémanente. Les contacts efficaces ne se font donc qu'entre les voisins situés dans le plan perpendiculaire à l'axe (100) à la distance de 2,86 Å en laissant de côté les premiers voisins à la distance de 2,48 Å.

La distance des atomes de fer dans les combinaisons ferromagnétiques est très voisine de ce diamètre ferromagnétique du fer (2,97 Å pour Fe^3O^4, 2,88 et 2,97 Å pour Fe^2O^3, 2,89 pour la pyrrhotine, 2,69 pour Fe^4N, etc.). Le fer γ qui ne possède pas de voisins à cette distance n'est pas ferromagnétique.

Le nombre total N de contacts efficaces est le produit de n (nombre d'orbites du multiplet électronique) par p (nombre de contacts d'une orbite avec les orbites de ses voisins). Une orbite du fer ($n=3$) a 4 contacts ($p=4$) avec ses voisins dans son plan qui est perpendiculaire à l'axe (100). Donc $N=12$. Les orbites ($n=2$) du doublet du nickel, dont les plans sont perpendiculaires à l'axe (110) ont deux contacts ($p=2$). Donc $N=4$. Les orbites ($n=4$) du cobalt γ sont perpendiculaires à l'axe (111), ont $p=6$ contacts avec les orbites voisines et par conséquent $N=24$.

On constate d'abord que les N (4 pour Ni, 12 pour Fe et 24 pour Co) se succèdent dans l'ordre des points de Curie θ (358°, 769° et 1130° C.). N est à peu près proportionnel au carré de θ. Je propose donc la relation suivante entre les nombres de contact et θ :

$$\theta = T_1\sqrt{N}.$$

Le facteur T_1 est la température pour un seul contact efficace ($N = 1$). Il est égal à 301 pour le fer. J'adopte ce facteur pour calculer d'abord approximativement le nombre de contacts (^{301}N). Le choix d'un nombre rond voisin (N) détermine ensuite T_1.

Corps.	θ^0_c.	θ^0_k.	^{301}N.	N.	T_1.
Fe	769	1042		12	301
Fe^3O^4	580	853	8,03	8	301
Fe^2O^3	675	948	9,93	10	300
Fe^9S^{10}	320	593	3,88	4	297
Fe^4N	485	758	6,35	6	308
Fe^2B	725	998	11,0	11	301
Fe^3C	220	493	2,68	8/3	302
MnSb	325	598	3,95	4	299
MnP	22	295	0,96	1	295
Ni	358	631	4,40	4	315
Co	1130	1403	21,7	24	286

Je ne peux donner ici qu'un nombre restreint d'exemples (voir le tableau). La constante du facteur T_1 est très bonne dans les combinaisons du fer et du manganèse. Les facteurs du Ni et du Co diffèrent sensiblement de celui du fer.

Cette loi discontinue trouve une vérification frappante dans le fait qu'on ne connaît aucune combinaison ferromagnétique avec un point de Curie au-dessous de la température ordinaire (pour $N = 1$, $t \cong 28°$ C.). Le point de Curie le plus bas correspond à un contact.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. — *Sur la pseudoréflexion des rayons X.* Note [1] de M. **B. Demetrovic**, présentée par M. M. de Broglie.

Sur les radiographies des écrans présentant des surfaces convexes on peut observer des franges noires qui délimitent l'ombre de l'écran du côté où se trouve la surface convexe ou l'arête rasée par les rayons. Ces effets ont été décrits plusieurs fois. Ils existent aussi pour des surfaces concaves [2].

---

(1) Séance du 15 février 1932.

(2) B. Demetrovic, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 579; W. Alberti et B. Demetrovic, *Fortsch. a. d. Geb. d. Röntgenstr.*, 44, 1931, p. 649.

Les références des travaux antérieurs se trouvent dans ces notes.

D'après les recherches de Wolfers la largeur de ces franges suit les lois suivantes : 1° la matière de l'écran et son poli, le rayon de courbure et la fréquence des rayons X sont sans influence sur la largeur de la frange; 2° la largeur correspond au diamètre apparent du foyer, vu du bord de l'écran; elle est proportionnelle à la distance de l'écran à la plaque et inversement proportionnelle à la distance du foyer à l'écran; 3° si la source s'éloigne de l'écran la largeur de la frange tend vers un résidu minimum. Au premier examen ces faits paraissent être en contradiction avec la théorie de réflexion de l'optique géométrique. Ils ont amené Wolfers à penser que la théorie de la réflexion des rayons X serait probablement insuffisante à expliquer l'existence du phénomène.

Il nous paraît pourtant que toute la frange noire peut être regardée comme une conséquence de la réflexion totale. Considérons la réflexion par une surface convexe, lorsque les rayons incidents viennent de sources soit ponctuelles, soit larges. Les rayons réfléchis donnent naissance à une frange dont la largeur dépend de l'angle compris entre le rayon tangent avec lequel la pénombre commence et le rayon régulièrement réfléchi sous le plus grand angle; cet angle de réflexion dépend du degré de poli. Par des considérations géométriques on peut trouver l'angle dont dépend la largeur de la frange en fonction de l'étendue de la source, de la distance de la source à l'écran et d'autres variables.

Dans le cas d'une source ponctuelle cet angle η est donné par

$$\eta = 2\theta - \varphi \tag{1}$$

où θ est le plus grand angle sous lequel les rayons sont encore régulièrement réfléchis; φ est l'angle constitué par le rayon tangent et le dernier rayon régulièrement réfléchi. Cet angle est donné par

$$\sin\varphi = \frac{r}{a^2}\left(\sqrt{a^2 - r^2\cos^2\theta} - \cos\theta\sqrt{a^2 - r^2}\right), \tag{2}$$

où r est le rayon de courbure de la surface réfléchissante et a est la distance de la source au centre de courbure dans le plan de réflexion.

Dans le cas d'une source large l'angle η est donné par

$$\eta = \alpha + 2\theta - \varphi + \beta_2 - \beta_1 \tag{3}$$

où α est l'angle sous lequel la source est vue du centre de courbure — cet angle est proportionnel à la distance a déjà définie et à l'étendue de la source; θ et φ sont déjà définis; β_1 et β_2 sont les angles compris entre les derniers rayons régulièrement réfléchis, venant des points opposés du diamètre de la source dans le plan de réflexion, et les droites qui joignent ces points au centre de courbure. La différence $\beta_2 - \beta_1$ est définie par une équation

analogue à (2). Pour les valeurs de θ de quelques dizaines de minutes, φ et encore plus $\beta_2 - \beta_1$ sont négligeables. Alors la valeur de η ne dépend sensiblement que de α et θ. Enfin, même pour une valeur de θ extrêmement petite, la frange noire persiste, et sa largeur, dans ce cas, est sensiblement proportionnelle à α, c'est-à-dire à a.

Si nous comparons maintenant ces résultats théoriques avec les résultats expérimentaux de Wolfers, on trouve une concordance parfaite entre eux, à condition de supposer que les polis des surfaces employées pour ces expériences fussent tels qu'ils ne permettaient pas d'observer l'influence du poli et de la nature de l'écran sur θ. Il nous semble permis de ne pas regarder cette condition comme une hypothèse, puisqu'on a réussi à mesurer l'indice de réfraction au moyen d'une méthode de réflexion totale et que ces mesures étaient en bonne concordance avec la théorie de Drude-Lorentz. Le fait que la frange est proportionnelle à a nous indique que l'angle θ, sous lequel les rayons sont régulièrement réfléchis, est extrêmement petit, conséquence de surfaces trop rugueuses. Évidemment, la réflexion est totale sous des angles d'incidence si petits. Il est facile de comprendre pourquoi on retrouve un résidu dans tous les cas où la source tend à devenir ponctuelle en rapprochant ce fait de ce qu'il existe pratiquement une limite quand on veut réaliser une telle source.

De l'existence d'une frange noire, indépendante en largeur de grosses rugosités, on peut conclure que les rayons X sous l'incidence rasante, de même que la lumière, finissent par se réfléchir régulièrement même pour des miroirs très mauvais sous l'incidence normale. La différence entre les rayons X et la lumière ne concerne que l'angle θ pour lequel commence la réflexion régulière.

On peut donc conclure qu'il sera possible d'observer des franges semblables produites par la lumière. Leur largeur dépendra d'un angle donné par (3). Enfin, à cause de l'interférence de ces rayons réfléchis avec les rayons directs, des franges doivent apparaître. Elles seraient le plus facilement observables dans la pénombre et par conséqnent devraient être identiques avec les « franges supplémentaires » découvertes par Wolfers.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre d'absorption de* I_2.
Note de M. **Ion I. Agarbiceanu**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons fait l'analyse des têtes de bandes du spectre d'absorption de la vapeur de I_2 entre λ 6450 Å et λ 5230 Å. Le spectre était obtenu dans le premier ordre d'un réseau concave de $6^m,40$, installé à Bellevue au-dessous du grand électro-aimant de l'Académie des Sciences.

Nous avons comparé le tableau des positions des têtes de bandes obtenu, avec le tableau de Mecke [1] qui est le plus complet qu'on a jusqu'à présent sur ce sujet.

La comparaison a montré que notre tableau contenait environ 20 têtes de bandes de plus que celui dressé par Mecke dans le même intervalle spectral. Nous avons mesuré, à quelques cm^{-1} près, les têtes de ces bandes. Les unes avaient été observées par Mecke mais n'avaient pas été mesurées; d'autres lui avaient échappé.

Les premières coïncident, dans la limite des erreurs de nos mesures, avec les valeurs calculées par Mecke. Les secondes sont des termes inconnus jusqu'à présent qui prolongent vers la fin ou le commencement les différentes séries établies par Mecke; il en reste quelques-unes sur lesquelles on ne peut se prononcer encore.

Les tableaux suivants donnent les résultats :

Nombres quantiques.				
v''.	v'.	ν obs. cm^{-1}.	ν calc cm^{-1}.	Remarques.
		Série I des têtes de bandes ($v''=0$).		
0	17	17512	17515	assez net (1)
0	16	17416	17416	peu net (1)
0	15	17318	17315	» (1)
0	13	17110	17108	diffuse (2)
0	14	17210	17213	très faible mais net (2)
		Série III ($v''=2$).		
2	9	16247	16248	faibles mais net (3)
2	8	16138	16135	faibles mais net (3)
2	7	16024	16020	faibles mais net (3)

Remarques. — (1) Observées par Mecke. — (2) Termes nouveaux. — (3) Termes nouveaux qui prolongent la série III vers le rouge.

[1] *Ann. der Phys.*, 71, 1923, p. 104.

Nombres quantiques. v''.	v'.	ν obs. cm⁻¹.	ν calc. cm⁻¹.	Remarques.
		Série IV ($v''=3$).		
3	15	16675	16670	faible mais net ([1])
		Série VI ($v''=5$).		
5	11	15845	15841	très faibles ([2])
5	10	15730	15731	
		Série VII ($v''=6$).		
6	12	15743	15741	faible mais net ([3])
6	11	15637	15634	diffuse ([3])

Remarques. — ([1]) Terme nouveau au commencement de la série IV. — ([2]) Observés par Mecke. — ([3]) Termes nouveaux au commencement de la série VII.

Sur les autres têtes de bandes nous ne pouvons encore rien dire de précis. La formule donnée par Mecke pour les têtes de bandes est la suivante :

$$\nu(n_1;\, n_2) = 18320{,}97 - 213{,}76 n_1 + 0{,}596 n_1^2 + 0{,}0021 n_1^3 - 80{,}66 n_2 - 1{,}012 n_2^2 + 0{,}0033 n_2^3.$$

Pour obtenir la notation actuelle on pose : $v'' = n_1$ et $v' = 26 - n_2$ (V. Weizel, *Bandenspektren*, p. 380).

POUVOIR ROTATOIRE. — *Influence des sels de thorium sur le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique et des tartrates.* Note de MM. **E. Darmois** et **Yeu-Ki-Heng**, présentée par M. Ch. Fabry.

L'un de nous a montré ([1]) l'effet considérable de l'addition de certains sels neutres inactifs sur le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique et des tartrates. L'hypothèse d'une déformation des ions tartriques par le cation du sel ajouté, ainsi que celle d'une déshydratation de cet ion en solutions concentrées, rendent assez bien compte de quelques-unes de ces variations. Cependant la variété des faits observés est si grande que la même explication ne saurait convenir dans tous les cas. Nous avons repris l'étude systématique de chaque cas particulier en cherchant à distinguer nettement entre la formation de complexes et la simple influence physique du champ des ions. Il semble jusqu'ici que l'action de la température puisse servir à

([1]) *Ann. de Phys.*, 10, 1928, p. 70.

faire cette discrimination; l'effet de la température est faible et très régulier dans les cas où l'on avait supposé une déformation ou une déshydratation de l'ion tartrique; il est beaucoup plus fort quand il y a formation d'un complexe entre le tartrate et le sel ajouté. Cet effet de température est considérable pour les solutions renfermant du tartrate de sodium et un sel de thorium; c'est pourquoi nous avons recherché par des méthodes plus directes la formation de complexes dans la solution.

Nous avons employé la méthode des variations continues déjà appliquée pour d'autres cas analogues. Elle consisterait ici à mesurer la rotation de mélanges d'oxyde de thorium et de tartrate neutre de sodium. Comme le mélange direct n'est pas possible, on opère comme suit : on prépare des solutions de $ThCl^4$ (concentration moléculaire C), de $NaOH$ (4C), de tartrate de sodium (C/2); on mélange $x/2$ cm³ de chlorure à $20 - x$ cm³ de tartrate et l'on ajoute $x/2$ cm³ de soude. L'ordre des opérations doit être respecté, sinon il se forme $Th(OH)^4$ qu'on ne peut faire repasser ensuite en solution. Les rotations ci-dessous se rapportent aux trois concentrations :

C = 0,25 M; C = 0,5 M; C = 1,0 M.

		0.	4.	6.	8.	10.	12.	14.
	x							
C = 0,25 M.	α_V^{2dm}	1,51	1,89	-	2,18	2,22	1,54	précipité
0,5	»	3,54	4,20	-	4,58	4,83	3,79	»
1,0	»	6,55	7,96	8,80	9,33	9,46	7,71	»

V désigne la radiation verte du mercure.

Les courbes $\alpha_V = f(x)$ sont tracées et l'on cherche le point où elles s'écartent le plus de la droite qui représente la rotation qu'on observerait si le tartrate n'entrait pas en combinaison. Les trois courbes donnent nettement pour ce point $x = 10$, ce qui rend probable l'existence d'une combinaison $ThO^2 + C^4H^4O^6Na^2$.

L'emploi du nitrate de thorium à la place du chlorure donne un résultat identique.

Pour étudier la stabilité de ce composé, nous avons déterminé de même la courbe $\alpha_V = f(x)$ dans le cas où les solutions mélangées ont, en oxyde et en tartrate, des concentrations non équivalentes.

Les nombres qui suivent se rapportent au mélange de :

$$20 - x \text{ cm}^3\, C^4H^4O^6Na^2\ 0{,}25\,M \text{ avec } \frac{x}{2} \text{ cm}^3\, ThCl^4\ 0{,}25\,M \text{ et } \frac{x}{2} \text{ cm}^3\, NaOH\ 1{,}0\,M,$$

x	0.	4.	6.	7.	8.	9.	10.	12.	14.	16.
α_V^{2dm}	3,42	3,78	3,58	3,46	3,35	3,42	3,35	3,25	2,57	précipité

La courbe n'est plus aussi régulière que dans le cas précédent; on trouve bien un point vers $x = 13,5$ où elle s'écarte au maximum de la droite, mais il existe aussi vers $x = 7$ un deuxième point où la tangente est d'inflexion et parallèle également à la droite. Cela semble indiquer que la solution renferme plus d'un complexe. En utilisant le point $x = 13,5$, la formule indiquée dans un travail précédent ([1]) permet de calculer la constante K de la loi d'action de masses

$$K = \frac{[Th(OH)^4][C^4H^4O^6Na^2]}{[Complexe]}.$$

Cette formule s'écrit

$$K(1 - 2y) = -\frac{1}{2}\left(\frac{3}{2}y - 1\right)^2,$$

où y est la proportion de $C^4H^4O^6Na^2$, c'est-à-dire $13,5/20$.

La formule donne pour K une valeur très faible, ce qui indique un complexe très stable; la combinaison est pratiquement complète.

L'existence du 2e point vers $x = 7$, soit sensiblement $y = 1/3$, s'explique en admettant qu'il existe un autre complexe contenant deux fois plus de tartrate et moins stable que le précédent.

Dans l'idée que ce nouveau complexe pourrait peut-être contenir le tartrate acide de sodium combiné à l'oxyde de thorium, nous avons répété des expériences analogues à celles effectuées plus haut en mélangeant $ThCl^4(0,5M)$, $NaOH(2M)$ et $C^4H^5O^6Na(0,25M)$; on trouve dans ce cas :

x......	0.	4.	6.	7.	8.	10.	12.	14.
α_v.......	2,45	3,77	4,01	3,69	3,92	4,43	3,69	précipité

La courbe présente deux maxima vers $x = 6$ et $x = 10$, ce qui donne à peu près les deux complexes précédents. En employant des solutions deux fois plus concentrées, on trouve une courbe beaucoup plus compliquée présentant trois maxima, le troisième étant intermédiaire entre les deux précédents. Si l'on chauffe quelque temps l'une des solutions précédentes, qu'on la laisse refroidir et qu'on mesure de nouveau la rotation, on ne retrouve pas la valeur initiale; la rotation augmente nettement et la courbe $a_v = f(x)$ ne se simplifie pas. Ces modifications d'allure irréversible font penser à des combinaisons chimiques dont la vitesse de formation à froid serait assez faible. L'un de nous a déjà signalé ([2]) que les sels d'aluminium ajoutés à l'acide tartrique et aux tartrates donnaient lieu

---

([1]) *Journ. Chim. Phys.*, **23**, 1926, p. 649.

([2]) *Ann. de Phys.*, *loc. cit.*

à des mutarotations dont la vitesse est assez grande à 20° pour pouvoir être aisément suivie.

En résumé les sels de thorium donnent avec les tartrates des complexes dont le plus stable renferme des proportions moléculaires égales d'oxyde de thorium et d'acide tartrique; l'ion complexe correspondant est stable en présence d'un excès d'alcali. Les rotations considérables observées en présence des sels de thorium seraient donc dues à la formation de véritables combinaisons chimiques. De telles combinaisons ont déjà été décrites par Rosenheim et ses collaborateurs [1].

DIFFUSION MOLÉCULAIRE. — *Symétrie moléculaire et spectres de diffusion.* Note de MM. **J. Cabannes** et **A. Rousset**, présentée par M. Ch. Fabry.

Lorsque les molécules d'un fluide possèdent un élément de symétrie, les oscillations fondamentales des noyaux sont symétriques, antisymétriques ou dégénérées par rapport à cet élément. Aux oscillations qui ne conservent pas *tous* les éléments de symétrie de la molécule au repos, correspondent celles des raies Raman dont le facteur de dépolarisation ρ a la valeur maximum 6/7. Ainsi, dans les problèmes où intervient la symétrie moléculaire, l'étude du facteur ρ contrôle, précise et complète les mesures de fréquence et d'intensité. Nous avons déjà publié ici-même [2] quelques renseignements importants tirés de nos mesures de ρ. En voici d'autres.

I. *Groupements* XY^2 *angulaires.* — Une des trois oscillations fondamentales est antisymétrique par rapport à la bissectrice de l'angle α des liaisons X-Y. Nous avons toujours pu la reconnaître avec certitude grâce à la dépolarisation de la raie Raman correspondante, ce qui nous a permis de fixer la valeur de l'angle α. Exemples :

	NO^2. (du nitrobenzène).	NH^2. (de la méthylamine).	SO^2. (liquide).
Oscillations :			
antisymétrique n_1........	1587 cm⁻¹	3378 cm⁻¹	1340 cm⁻¹
symétrique n_2...........	1341 »	3319 »	1146 »
» n_3...........	–	–	525 »
Angle α....................	108°	105°	118°

---

(1) *Zeit. f. anorg. Chem.*, 35, 1903, p. 438.
(2) J. Cabannes et A. Rousset, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 79.

Le cas de SO^2 est intéressant : dans l'hypothèse des *forces centrales* on ne trouve pas de valeur réelle pour α; il faut donc admettre l'hypothèse des *forces de valence*. Dans cette hypothèse Bailey, Cassie et Angus ([1]), après avoir étudié le spectre d'absorption infrarouge de SO^2, trouvent un angle de 24° parce qu'ils prennent comme fréquence antisymétrique la fréquence infrarouge 1152 : leur interprétation du spectre infrarouge paraît donc incorrecte. Notre résultat s'accorde avec le fait que la constante de Kerr de SO^2 est négative, ce qui exige que la direction du moment électrique permanent (bissectrice de l'angle α) ne coïncide pas avec la direction de grande réfractivité.

Pour les groupements NO^2 et NH^2 la fréquence n_3, qui correspond en gros à une déformation de l'angle des valences, n'apparaît pas distinctement : peut-être la force correspondante est-elle très faible; peut-être est-telle trop variable d'une molécule à l'autre?

II. *Bandes de l'eau.* — Les deux bandes 3240 et 3418 cm^{-1} sont de nature différente : la première est dépolarisée; la seconde, polarisée. Il faut donc rejeter l'hypothèse de Kastler ([2]) et admettre avec Kohlrausch qu'elles correspondent à deux types d'oscillations du groupement H^2O. La fréquence antisymétrique étant 3240, on trouve pour α une valeur voisine de 23°.

III. *Molécules à axe ternaire.* — On passe de la molécule PCl^3 à la molécule $POCl^3$ en ajoutant un atome sur l'axe ternaire, ce qui revient à ajouter une oscillation symétrique et une dégénérée. D'autre part les molécules $CHCl^3$ et $POCl^3$ ont même symétrie. Le tableau suivant montre bien la correspondance, lorsqu'on passe d'une molécule à une autre, des fréquences symétriques et des fréquences dégénérées :

PCl^3	n..........	190	258	»	484	511	»
	ρ..........	6/7	0,28	»	6/7	0,16	»
$POCl^3$	n..........	193	267	337	486	581	1290
	ρ..........	6/7	0,6	6/7	0,05	6/7	0,4
$CHCl^3$	n..........	261	365,5	667	759	1213	3019
	ρ..........	6/7	0,2	0,06	6/7	6/7	0,2
			n_1.	n_2.			n_3.

On se représente sans difficulté les oscillations de fréquences n_1, n_2, n_3.

([1]) BAILEY, CASSIE et ANGUS, *Proceedings of the Royal Society*, **130**, 1930, p. 142.
([2]) A. KASTLER, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1032.

Au cours de la première les Cl se déplacent symétriquement par rapport à l'axe ternaire sans trop entraîner le reste R de la molécule; il y a presque uniquement déformation du trièdre des valences du phosphore; la fréquence n_1 varie peu de PCl^3 à $POCl^3$. La fréquence n_2 et la masse de R varient en sens inverse : cette oscillation correspond donc en gros à un mouvement d'ensemble de R par rapport aux atomes de chlore, sans trop grande déformation du trièdre des valences du phosphore. Enfin la fréquence n_3 est celle des oscillations *internes* des groupements P=O ou C—H le long de l'axe ternaire.

IV. *Conclusion.* — Naturellement nous ne donnons les indications précédentes, forcément un peu vagues, que pour permettre au lecteur de se représenter l'allure générale des oscillations symétriques d'une molécule simple; nous avons voulu montrer jusqu'à quel point on peut attribuer telle ou telle fréquence au mouvement de tel ou tel groupement dans la molécule. Mais il ne faut pas perdre de vue ce fait essentiel que l'*ensemble du spectre Raman d'une molécule caractérise la molécule considérée comme un tout*, sans qu'on puisse, rigoureusement parlant, y chercher les fréquences d'un groupe d'atomes, encore moins la fréquence d'une liaison chimique. Un exemple remarquable est celui de l'allène $CH^2=C=CH^2$ où l'on trouve [1] la fréquence symétrique 1074 cm^{-1}, tandis que la fréquence de l'éthylène est 1620. Il n'y a pas lieu de s'en étonner : en effet, si l'on néglige la présence des atomes d'hydrogène, qui sont légers et ne sont liés aux atomes de carbone que par une simple liaison, le rapport de la fréquence symétrique du groupement linéaire C=C=C à celle du groupe C=C doit être théoriquement égal à $1/\sqrt{2}$; or $1074:1620=1/\sqrt{2}$, à 1/15 près.

RADIOACTIVITÉ. — *Effet d'absorption de rayons γ de très haute fréquence par projection de noyaux légers.* Note de Mme **Irène Curie** et M. **F. Joliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons montré [2] : 1° que les rayons γ excités par les rayons α du polonium dans le glucinium et dans le bore correspondent certainement

(1) M. Bourguel et L. Piaux, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1333.

(2) Irène Curie, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1412; F. Joliot, *Ibid.*, p. 1415; Irène Curie et F. Joliot, *Ibid.*, **194**, 1932, p. 273.

à une énergie quantique bien supérieure à celle des rayonnements les plus pénétrants des corps radioactifs; 2° que ces rayons γ de grande énergie sont capables de projeter des protons de grande vitesse quand ils traversent une substance hydrogénée.

Nous avons pu observer ces rayons H par la méthode des trajectoires de brouillard de Wilson. Un écran de paraffine placé dans la chambre est soumis à l'action des rayons γ excités dans le glucinium (Po + Be) et l'on observe dans quelques détentes la trajectoire d'un rayon H sortant de la paraffine, le plus souvent dans la direction de la source. Certains de ces rayons sont très courts et d'autres dont le parcours est supérieur à 12^{cm} traversent complètement l'appareil. On voit aussi, rarement d'ailleurs, des rayons H issus de la vapeur d'eau de l'atmosphère de la chambre. Nous observons, en outre, des rayons β dont un champ magnétique de 1300 gauss environ, établi dans l'appareil, permet d'apprécier l'énergie; certains d'entre eux sont très peu courbés : ce sont probablement des électrons projetés par effet Compton, dont l'énergie est supérieure à 10 millions de volts; leur étude sera entreprise en employant un champ plus intense.

Poursuivant nos expériences par la méthode d'ionisation comme précédemment, nous avons vérifié que cet effet s'accompagne d'une absorption considérable du rayonnement par les noyaux d'hydrogène. Les écrans étaient constitués par des récipients de même forme contenant, à peu près sous le même volume, des masses égales de substances absorbantes diverses : paraffine, carbone en poudre, cuivre en tournure; la chambre d'ionisation était recouverte de 25^{mm} de plomb pour filtrer le rayonnement. En mesurant le courant, avec et sans écran interposé entre la source et la chambre, on obtient un coefficient d'absorption massique moyen μ/ρ dont voici les valeurs, pour une source de ThC″ ou de Po + Be :

	Cuivre.	Carbone.	Paraffine.
ThC″	0,036	0,027	0,023
Po + Be	0,023	0,035	0,07

Il ne faut pas attacher trop d'importance à la valeur absolue de ces coefficients, mais leur comparaison montre que l'absorption des rayons γ de Po + Be par les noyaux d'hydrogène est considérable, puisque la valeur de μ/ρ dans la paraffine est double de la valeur relative au carbone; on voit aussi que le carbone est plus absorbant pour le rayonnement de Po + Be que pour celui de ThC″, contrairement à ce qui se passe pour le cuivre, ce qui indique que les noyaux de carbone doivent produire un effet

d'absorption supplémentaire quoique à un degré moindre que l'hydrogène.

On peut aussi mettre en évidence l'effet du rayonnement de Po + Be sur les noyaux d'hélium : on compare le courant produit dans la chambre d'ionisation remplie de gaz hélium à la pression atmosphérique ou d'air à la pression de $10^{cm},5$ de mercure, conditions dans lesquelles la masse du gaz et le nombre d'électrons dans la chambre sont les mêmes. Les rayons γ pénétrants du Th C″ produisent un courant peu différent dans l'hélium et dans l'air (un peu plus fort dans He, l'énergie dépensée pour la production d'une paire d'ions étant un peu plus faible dans ce gaz), tandis que le courant produit par les rayons γ de Po + Be est 4,6 fois plus fort quand on remplace l'air à pression réduite par l'hélium. Pour les rayons γ de Po + Be, le courant est 8 fois plus fort dans l'hélium que dans l'air. Cette augmentation considérable doit tenir à la production dans la chambre de rayons α de faible parcours, noyaux d'hélium projetés par les rayons γ de Po + Be ou Po + bore.

L'ensemble de ces expériences montre que le phénomène de projection des noyaux d'atomes par les rayons γ de grande énergie est probablement un phénomène général.

Dans le cas des substances hydrogénées, nous avons pu établir une certaine analogie entre l'émission du rayonnement H et celle des électrons projetés par effet Compton : les rayons H produits par les rayons γ de Po + Be peuvent atteindre un parcours de 26 à 30^{cm} d'air vers l'avant, dans la direction du faisceau incident; le parcours mesuré à 45° environ de cette direction n'est plus que de 19^{cm}; vers l'arrière, à 135° environ de la direction du faisceau on n'a pas pu observer de rayons H.

Toutefois, si l'on essaye d'appliquer au phénomène de projection des noyaux, les formules qui permettent de calculer l'absorption par diffusion, on arrive à des résultats incompatibles avec les faits expérimentaux.

En effet, d'après le parcours maximum des rayons H projetés par les rayons γ de Po + Be, l'énergie quantique devrait être de l'ordre de $50.10^6 eV$. En appliquant la formule de Klein Nishina au coefficient d'absorption par électron pour ce quantum, on trouve $\sigma_e = 0,144 \times 10^{-25}$, pour la diffusion sur un proton, on trouve $\sigma_p = 2,04 \times 10^{-31}$. L'absorption par diffusion sur un noyau d'hydrogène serait donc 10^5 fois plus faible que sur un électron ; ce serait un phénomène négligeable dans l'absorption globale. Or, il résulte de nos expériences, qu'un proton absorbe autant que quatre électrons environ.

Il y a donc lieu de croire que l'effet d'absorption supplémentaire des

rayons γ pénétrants par projection des noyaux atomiques, correspond à un nouveau mode d'interaction du rayonnement et de la matière.

En définitive l'absorption A_μ par un atome de nombre atomique Z résulte de trois phénomènes distincts : 1° l'effet photoélectrique, A_τ, négligeable dans le domaine des très hautes fréquences; 2° la diffusion sur les électrons par l'effet Compton, $Z\sigma_e$; 3° l'absorption correspondant à la projection des noyaux d'atomes, que nous appellerons J et dont l'importance croît quand Z diminue. Il est probable qu'il faut encore ajouter un terme K, augmentant avec la valeur de Z, relatif au phénomène de diffusion nucléaire observé dans divers laboratoires sur les rayons γ du ThC″.

On aurait

$$A_\mu = A_\tau + \sigma_e Z + J + K.$$

On voit donc que pour les énergies quantiques élevées, la prévision des longueurs d'ondes au moyen du coefficient d'absorption est probablement tout à fait défectueuse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur cinq nouveaux indicateurs d'oxydo-réduction.* Note (1) de M. **Morice Letort**, présentée par M. Georges Urbain.

La détermination des potentiels d'oxydo-réduction de colorants facilement réversibles, dont la forme réduite est incolore, permet leur emploi comme indicateurs d'oxydo-réduction. Soit Red la forme réduite et Ox la forme oxydée d'un colorant; si elles sont en équilibre avec nH^2, une électrode inerte baignant dans une solution de ce colorant est portée à un potentiel E_H tel que

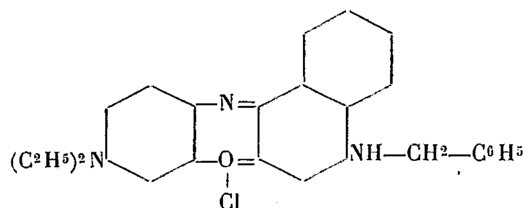
$$E_H = E'_0 - \frac{1}{0,4343}\frac{RT}{2nF}\log\frac{[\mathrm{Red}]}{[\mathrm{Ox}]},$$

où R est la constante des gaz, T la température absolue, F le Faraday, [Red] et [Ox] les activités de Red et de Ox. E'_0 est le potentiel normal d'oxydo-réduction au pH considéré. L'équation est celle courbe d'une en S dont le point d'inflexion correspond à [Red] = [Ox], soit $E_H = E'_0$.

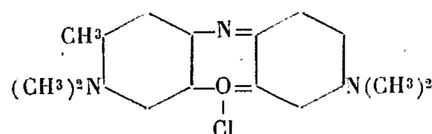
Nous avons déterminé les courbes $E'_0 = f(\mathrm{pH})$ à $20 \pm 2°$C. des cinq oxazines suivantes, qui peuvent servir d'indicateurs :

(1) Séance du 15 février 1932.

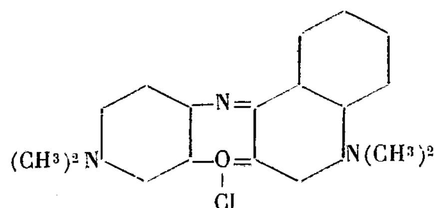
Numéro du Colour Index.	Nom vulgaire.	Limite des pH étudiés.
914.	Bleu Nil 2B (Grübler)	3,85 à 7,80



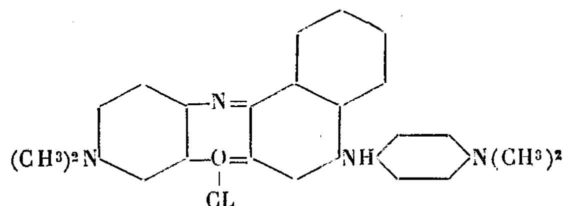
876.	Bleu Capri (Grübler)	3,85 à 8,50



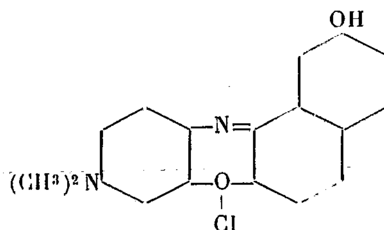
911.	Bleu de méthylène nouveau (Grübler)	3,85 à 8,50



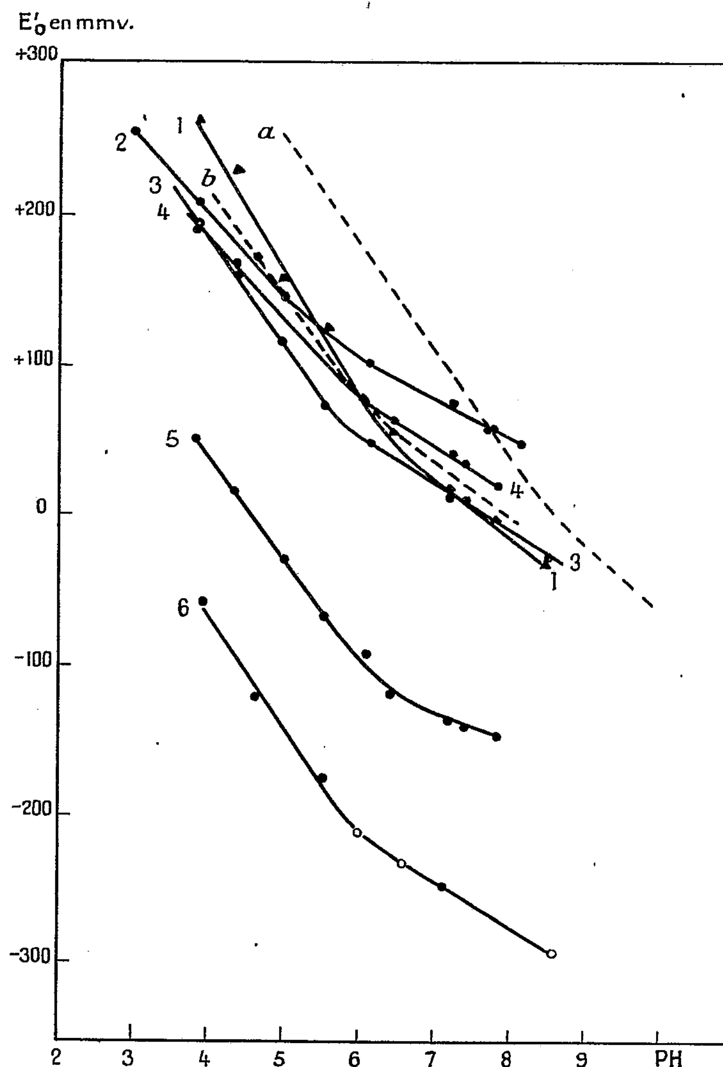
910.	Bleu solide pour coton (Grübler)	2,95 à 8,10



915.	Muscarine DH (I. G.)	3,85 à 7,80



Nous avons utilisé la technique classique de Clark, avec des tampons 1/10 M, et comme réducteurs le $TiCl^3$ et le $S^2O^4Na^2$ à pH = 8,50. Les pH sont mesurés à l'électrode de H^2 à ± 0,05.



1, bleu Capri; 2, bleu solide pour coton; 3, nouveau bleu de méthylène; 4, muscarine DH; 5, bleu Nil 2B; 6, phénossfranine (les points marqués par *o* sont donnés par Wurmser et Geloso). *a*, limite inférieure des indophénols; *b*, bleu crésyle.

Parfois la retombée de la courbe se dessine mal. Pour éviter cet inconvénient nous avons effectué tous les titrages en présence de phénosafranine,

dont le potentiel d'oxydo-réduction est très inférieur à celui des colorants étudiés. On a alors des courbes régulières, suivies d'un second plateau propre à la phénosafranine. De plus on vérifie ainsi que le pH en fin de titrage, en observant le point d'inflexion de la phénosafranine et en se reportant à sa courbe $E'_0 = f(\mathrm{pH})$. A cet effet nous avons prolongé la courbe de cet indicateur donnée par Wurmser et Geloso entre pH = 6 et pH = 9.

Les résultats obtenus, rapportés à l'électrode normale d'hydrogène, sont donnés dans le diagramme ci-dessus. Ils sont reproductibles à 5 mmv. près.

Les courbes du nouveau bleu de méthylène et du bleu Nil 2B sont voisines de courbes déjà connues (RAPKINE, STRUYK et WURMSER, *J. Ch. Phys.*, 26, p. 346). Par contre celle des trois autres colorants forment un faisceau qui s'inscrit dans la zone inexplorée comprise entre les indophénols et le bleu de crésyle.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Équilibres entre l'eau, le chlorure de potassium et le chlorure de sodium depuis* — 23° *jusqu'à* + 190°. Note de MM. **E. Cornec** et **H. Krombach**, présentée par M. G. Urbain.

On trouve, dans des manuels et des articles de revue, un diagramme qui représente les équilibres entre l'eau, le chlorure de potassium et le chlorure de sodium de 10° à 100°. Ce diagramme, qui sert à étudier la fabrication industrielle du chlorure de potassium à partir de la sylvinite, est établi à l'aide des mesures de Precht et Wittjen [1]; chaque isotherme est représentée arbitrairement par deux droites. D'assez nombreuses mesures, en général isolées, ont été faites depuis 1881; il est difficile de les concilier entre elles et avec celles de Precht et Wittjen. Au-dessous de 0° les mesures sont très rares; au-dessus de 100° on a, pour les solutions saturées des deux chlorures, les mesures d'Etard [2] et celles, toutes récentes, de Froehlich [3]; les unes et les autres sont nombreuses mais grossières.

Nous avons repris entièrement l'étude du système pour tout l'intervalle de température accessible sous la pression atmosphérique : de l'eutectique ternaire, — 23°, jusqu'au point d'ébullition de la solution saturée des deux sels, + 112°. Nous avons poursuivi l'étude jusqu'à + 190°.

---

(1) PRECHT et WITTJEN, *Berichte*, 14, 1881, p. 1669.

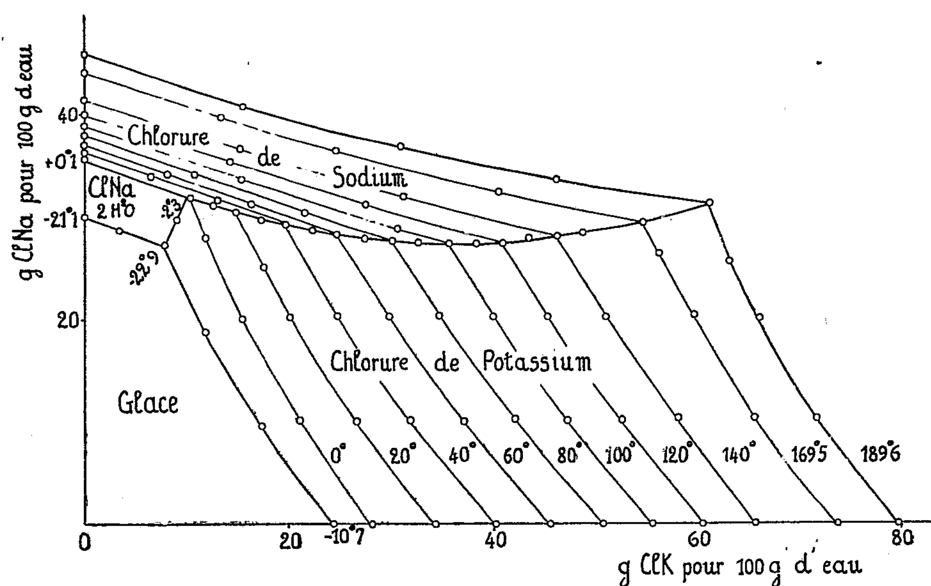
(2) ÉTARD, *Ann. Chim. et Phys.*, 7e série, 3, 1894, p. 275.

(3) FROEHLICH, *Mitteilungen der Kali-Forschungsanstalt*, n° 68, 1929, p. 51.

Pour ces dernières mesures nous avons opéré de la manière suivante: L'eau est placée dans un petit récipient en verre, au col duquel on suspend librement un panier cylindrique, en toile de platine, chargé de comprimés de ClNa et de ClK. On renverse sur ce premier récipient un filtre en verre poreux, puis un second récipient. Les trois appareils, en verre d'Iéna, maintenus par un cylindre métallique ajouré, sont glissés dans un petit autoclave en acier inoxydable (dimensions intérieures $d = 4^{cm}, h = 16^{cm},5$). L'autoclave, plongé dans un bain d'huile à température constante ($\pm 0°,2$) est balancé automatiquement autour d'un axe horizontal; le panier chargé de comprimés se balance également et agite la solution. Au bout de quelques heures on renverse brusquement l'autoclave, la solution saturée traverse le filtre et s'écoule dans le second récipient. On laisse refroidir très lentement.

La figure ci-dessous, où l'on a porté suivant les axes, les concentrations des solutions saturées en grammes pour 100^g d'eau, résume les résultats obtenus. Quatre domaines correspondent respectivement au chlorure de potassium, au chlorure de sodium anhydre, au chlorure de sodium hydraté et à la glace. On sait que les deux chlorures donnent des cristaux mixtes par fusion; ils ne se forment pas en présence de solutions au-dessous de 190°.

Le point de transition entre le chlorure de sodium et sa forme hydratée (+ 0°, 1) est peu abaissé par le chlorure de potassium (— 2°, 3); il en est de même du point d'eutexie qui passe de — 21°, 1 à — 22°, 9.



On remarquera que la ligne représentant les solutions saturées des deux chlorures anhydres présente un minimum pour la teneur en chlorure de sodium à 105° environ, donc au-dessous de la température d'ébullition.

Compositions, en grammes pour 100g d'eau, des solutions saturées des deux chlorures.

t°....	−22°,9.	−11°,9.	−2°,3.	0°.	10°.	20°.	30°.	40°.	50°.	60°.	70°.
ClK...	7,8	9,0	9,9	10,3	12,5	14,8	17,2	19,6	22,2	24,6	27,3
ClNa...	27,3	29,7	32,0	31,8	31,1	30,4	29,7	29,3	28,7	28,4	28,0

t°....	80°.	90°.	100°.	110°.	120°.	130°.	140°.	149°.	169°,5.	189°,6.
ClK...	30,0	32,5	35,3	38,2	40,8	43,3	46,1	48,6	54,5	61,1
ClNa...	27,7	27,6	27,5	27,5	27,5	28,0	28,2	28,5	29,5	31,4

Par refroidissement, une solution saturée des deux sels à une température inférieure à 105° abandonne uniquement du chlorure de potassium; c'est là la base de la séparation industrielle des deux chlorures. Au contraire, lorsque la température de saturation est supérieure à 105° il y a d'abord dépôt simultané des deux chlorures. Si le refroidissement a lieu sans évaporation et avec agitation, le chlorure de sodium, qui cristallise d'abord, commence à se redissoudre à partir de 105°. Même en partant de la solution saturée des deux sels à 190° la redissolution complète du chlorure de sodium serait possible, mais il faudrait descendre à + 5°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude ébullioscopique des équilibres moléculaires de la pyrocatéchine dans les solutions de chlorure de calcium et de chlorure de baryum.* Note de Mlle **O. Hun**, présentée par M. G. Urbain.

Afin de compléter les recherches relatives aux équilibres moléculaires des polyphénols dissous dans l'eau ou les solutions salines aqueuses faites par M. Bourion et ses collaborateurs, j'ai étudié, par voie ébullioscopique, le comportement de la pyrocatéchine dans les solution de Cl^2Ca et de Cl^2Ba.

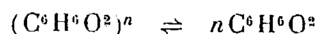
Avec ces deux sels, les expériences ont été effectuées pour les séries 0,25 M et 0,6125 M. Le milieu est constitué par une solution que caractérise un rapport constant chlorure-eau; et la concentration en pyrocatéchine varie de 0 à 2,225 M pour 1l du mélange ternaire.

Ces milieux possèdent une constante ébullioscopique donnée *k*. J'ai pris les valeurs de *k* déterminées par MM. Bourion et Rouyer [1] par la méthode d'encadrement et des premiers passages par 0.

---

[1] F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 1081, et **190**, 1930, p. 303.

La constante relative à l'équilibre



$$(C^6H^6O^2)^n \rightleftharpoons n\,C^6H^6O^2$$

est donné par

$$K_n = \frac{c^n}{c'} = \frac{n\,C^{n-1}(n \times 110\,\Delta e - ak)^n}{(n-1)^{n-1}a^{n-1}(nak - n \times 110\,\Delta e)},$$

où Δe est l'élévation ébullioscopique, C la concentration totale exprimée en molécules simples, c la concentration des molécules simples et c' celle des molécules associées.

On trouvera dans le tableau suivant les valeurs concernant le chlorure de calcium :

	Cl²Ca.0,25 M ($k = 6,29$).					Cl²Ca.0,6125 M ($k = 7,41$).				
Concentrations.	K_2.	K_3.		K_4.		K_2.	K_3.		K_4.	
0,500...	1,272	1,146		–		0,483	0,420		–	
0,625...	1,031	1,123		–		0,490	0,610		–	
0,750...	0,821	1,193		–		0,482	0,735		–	
0,875...	–	1,369		–		0,456	0,837		–	
1,000...	–	1,282		–		–	0,799		–	
1,125...	–	1,378	1,340	–		–	0,767		–	
1,250...	–	1,299		–		–	0,787	0,788	–	
1,375...	–	1,395		–		–	0,784		–	
1,500...	–	1,320		–		–	0,819		–	
1,625...	–	1,225		2,231		–	0,814		–	
1,750...	–	1,196		2,341		–	0,746		–	
1,875...	–	1,192		2,485		–	0,647		1,357	
2,000...	–	1,087		2,424	2,386	–	–		1,327	
2,125...	–	–		2,403		–	–		1,365	1,337
2,250...	–	–		2,350		–	0,917		1,327	
2,375...	–	0,869		2,310		–	–		1,293	

Les solutions de Cl²Ba donnent des résultats analogues, indiquant cependant une association légèrement plus accentuée.

Les constantes obtenues pour les équilibres moléculaires de la pyrocatéchine dans les solutions de ces deux derniers chlorures, témoignent d'une condensation plus prononcée que celle indiquée dans l'eau par M. Rouyer (¹) et du même ordre que celle déjà constatée dans les solutions de chlorure de potassium et de sodium (²); toutefois, les constantes relatives aux solutions de chlorure de lithium (³) sont notoirement plus faibles que dans les autres milieux étudiés.

(¹) E. Rouyer, *Thèse*, Nancy, mars 1928.

(²) F. Bourion et Mlle O. Hun, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 871.

(³) F. Bourion et Mlle O. Hun, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1233.

		0,5 M.			0,25 M.		1,225 M.			0,6125 M.	
	Eau.	ClK.	ClNa.	ClLi.	Cl^2Ca.	Cl^2Ba.	ClK.	ClNa.	ClLi.	Cl^2Ca.	Cl^2Ba.
K_2...	1,04	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
K_3...	1,82	1,160	1,04	0,372	1,340	1,228	0,718	0,602	0,416	0,788	0,416
K_4...	–	2,01	1,69	0,645	1,367	1,967	1,075	0,918	0,651	1,367	0,651

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le pouvoir rotatoire de quelques acides aminés en fonction de l'acidité* (pH). Note de M. **E. Vellinger**, présentée par M. J. Perrin.

1. Nous avons montré avec M. F. Vlès ([1]) comment l'on peut calculer les variations de pouvoir rotatoire des corps actifs, dissociables en fonction du pH. Ce calcul s'applique aussi bien aux acides aux bases qu'aux ampholytes. Il consiste à poser que la rotation de la solution est égale à la somme des rotations des ions et de la molécule indissociée intervenant dans l'équilibre électrolytique. Nous avons donné ailleurs quelques exemples avec l'acide tartrique, l'acide malique, la pylocarbine, la glucosamine etc. ([2]). Ce mode de calcul a été appliqué ensuite par Mlle Liquier aux variations du pouvoir rotatoire de l'asparagine.

Nous indiquons dans la figure ci-contre le pouvoir rotatoire de trois acides aminés en fonction du pH pour $\lambda = 578$. Les courbes correspondant aux acides glutaminiques et aspartiques ont été calculées par la formule suivante :

$$[\alpha]_t = \frac{[\alpha]_{a-}}{1 + \frac{H}{K^1} + \frac{K^2}{H} + \frac{H^2}{K^1 K'_B}} + \frac{[\alpha]_{a--}}{1 + \frac{H}{K^2} + \frac{H^2}{K^1 K^2} + \frac{H^3}{K^1 K^2 K'_B}}$$
$$+ \frac{[\alpha]^{c+}}{1 + \frac{K'_B}{H} + \frac{K^1 K'_B}{H^2} \; \frac{K^1 K^2 K'_B}{H^3}} + \frac{[\alpha]_r}{1 + \frac{H}{K'_B} + \frac{K^1}{H} + \frac{K^1 K^2}{H^2}}.$$

La courbe correspondant à la leucine a été calculée avec la formule des ampholithes monoacides ([2]). Le tableau I donne les constantes caractéristiques de quatre acides. Il est facile de voir la répercussion des constantes de dissociation de ces acides sur la forme des courbes de pouvoir rotatoire.

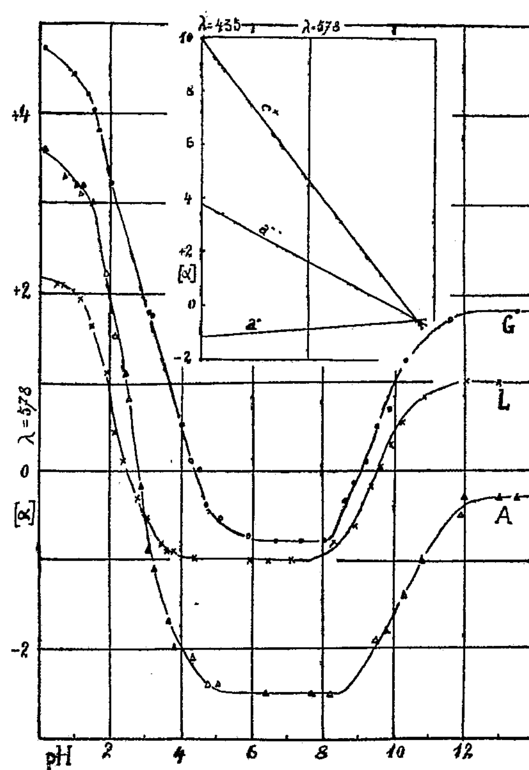
([1]) Vlès et Vellinger, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 742; *Bull. Soc. chim.*, 37, 1925, p. 841; *Arch. phys. biol.*, 5, 1926, p. 21.

([2]) E. Vellinger, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1625; *Arch. phys. biol.*, 5, 1926, p. 37; *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 94.

TABLEAU I.

[α] pour λ = 578.

	Anion a^{--}.	Anion a^{-}.	Cation c^{+}.	Résidu r.	K_1.	K_2.	K'_B.
Ac. glutominique.	+1,75	−0,80	+4,75	+1,90	$10^{-4,0}$	$10^{-9,5}$	$10^{-2,0}$
Ac. aspartique...	−0,30	−2,50	+3,60	−0,64	$10^{-3,6}$	$10^{-10,4}$	$10^{-2,2}$
l-Leucine........	»	+1,0	+2,08	−1,0	$10^{-9,6}$	»	$10^{-2,1}$
d-Alanine........	»	+0,24	+0,70	+0,05	$10^{-9,7}$	»	$10^{-2,2}$



Le pouvoir rotatoire de l'acide glutaminique (G), de la leucine (L) et de l'acide aspartique (A) en fonction de pH. Figure du centre : application du schéma de Darmois à l'anion monovalent (a^-), l'anion divalent (a^{--}) et au cation (C^+) de l'acide glutaminique.

[α] est calculé en comptant la concentration en molécules-grammes par litre et l'épaisseur en décimètres.

II. J'ai montré qu'il est possible d'appliquer le schéma de Darmois à la dispersion dans le spectre visible du pouvoir rotatoire de l'acide tartrique

en fonction de pH, quoiqu'il y ait en solution plus de deux constituants (1). Nous avons admis pour expliquer cette particularité que deux des constituants, anion divalent et anion monovalent, ont une structure très voisine. Un problème semblable se pose dans le cas des acides aminés étudiés dans cette Note.

Si l'on trace le schéma de Darmois pour les divers ions intervenant dans l'équilibre électrolytique, on constate que dans le cas de l'acide glutaminique les droites convergent vers un seul point avec une précision remarquable (voir la petite figure du centre. La droite correspondant à la molécule indissociée n'est pas représentée. Elle est voisine et se confond presque avec la droite médiane correspondant à l'anion divalent). Tout se passe, par conséquent, comme s'il n'y avait que deux formes fondamentales dont l'une correspondrait à la structure du cation et l'autre à la structure de l'anion monovalent. Il est bien évident que cette interprétation ne correspond pas à la réalité. Il faut remarquer que le schéma ne s'applique pas à la dispersion de l'acide aspartique, de la leucine et de l'alanine. Pour les deux acides bibasiques la dispersion de la molécule indissociée est très voisine de l'anion divalent. Ces deux droites sont comprises entre les droites correspondant au cation et à l'anion monodissocié. Pour les acides simples, comme la leucine, la dispersion de l'anion est comprise entre la dispersion du cation et celle de la molécule indissociée.

TABLEAU II.

Dispersion $[\alpha]_{\lambda=435} - [\alpha]_{\lambda=578}$.

	Anion a^{-}.	Anion a^{--}.	Résidu r.	Cation c^{+}.
Acide glutaminique.........	−0,45	+2,05	+2,20	+4,75
Acide aspartique...........	−2,30	−0,30	−0,86	+3,30
Leucine....................	+1,50	»	−0,60	+2,80

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation des borures mixtes de thorium et de cérium.* Note (3) de M. LUCIEN ANDRIEUX, présentée par M. G. Urbain.

J'ai fait connaître (2) comment on peut obtenir par électrolyse, d'une part le borure de thorium ThB^6, d'autre part le borure de cérium CeB^6.

(1) VELLINGER, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 741; 184, 1927, p. 1010.
(2) Séance du 21 décembre 1931.
(3) *Annales de Chimie*, 12, 1929, p. 423-507.

Ces deux composés ont non seulement des formules analogues, mais aussi, comme l'ont montré les recherches de Georges Allard [1], ils cristallisent dans le système cubique. Cette double propriété laisse à penser qu'ils peuvent syncristalliser en toutes proportions.

J'ai obtenu en effet les borures mixtes de thorium et de cérium en électrolysant, dans des bains de borate et fluorure de magnésium fondus, des mélanges d'oxyde de thorium et d'oxyde de cérium.

Conditions des expériences :

Cathode : Creuset de charbon, 49^{mm} diamètre intérieur × 49^{mm} profondeur.

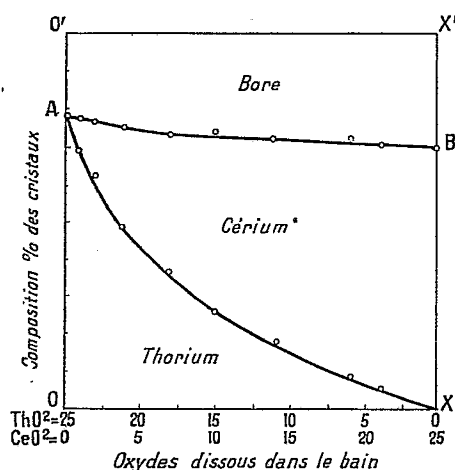
Anode : Baguette de charbon, diamètre 20^{mm}.

Bain de fusion : B^2O^3(105^g) + MgO(40^g) + MgF^2(70^g).

Température : 1150°. — *Tension moyenne :* 8 volts. — *Intensité :* 25 amp.

Durée : 2 heures.

Les résultats sont représentés sur le graphique.



Somme toute, les teneurs des cristaux en thorium ou en cérium sont d'autant plus grandes que le bain contient lui-même une plus forte proportion d'oxyde correspondant. Les produits obtenus ne sont d'ailleurs pas des mélanges de cristaux différents, les uns rouges, de borure de thorium, les autres violets, de borure de cérium : ce sont, comme on peut le vérifier au microscope, des cristaux homogènes, d'aspect cubique, dont la coloration est intermédiaire entre celle du borure de thorium et celle du borure de

(1) G. Allard, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 108.

cérium; ils sont d'autant plus rouges que leur teneur en thorium est plus grande. L'analyse révèle en outre que ce sont des borures mixtes dans lesquels le thorium et le cérium se remplacent isomorphiquement; autrement dit, ce sont des solutions solides.

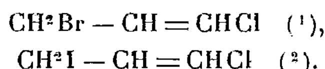
Dans cette série d'expériences, la composition du produit est donc, en quelque sorte, fonction de la composition du bain. On peut représenter commodément les résultats précédents par le diagramme ci-dessus.

Il est à remarquer que la courbe AB, représentative des teneurs en bore, comptées à partir de l'axe O'X' est, ici, sensiblement une droite, tandis que la courbe AX, représentative des teneurs en thorium comptées à partir de l'axe OX, s'incurve rapidement dès que le bain contient de petites quantités d'oxyde de cérium. Cette dernière particularité s'explique par le fait que l'oxyde de cérium est plus facile à réduire que l'oxyde de thorium, sa chaleur de formation (232^{c},9) étant beaucoup plus faible que celle de l'oxyde de thorium (330^{c}). Toutefois, même lorsque le bain contient de notables proportions d'oxyde de cérium, les cristaux contiennent encore beaucoup de borure de thorium.

Dans ces expériences il n'y a donc pas électrolyse fractionnée suivant l'ordre croissant des chaleurs de formation, et par suite, des tensions de décomposition des divers constituants du bain. On est conduit au contraire à admettre que la formation des borures mixtes de thorium et de cérium résulte : 1° de la séparation de magnésium, à la cathode, par réaction primaire, et 2° de la mise en liberté par réduction, de bore, de cérium et de thorium qui se combinent entre eux. C'est là un exemple caractéristique de l'utilisation des réactions secondaires en électrolyse ignée comme méthode de synthèse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de préparation du bromure et de l'iodure d'allyle β-chlorés.* Note de MM. **L. Bert** et **E. Andor**.

On n'a indiqué jusqu'ici que des modes de formation du bromure et de l'iodure d'allyle β-chlorés :


$CH^2Br - CH = CHCl$ ([1]),
$CH^2I - CH = CHCl$ ([2]).

([1]) V. Braun, Kuhn et Weismantel, *Liebigs Ann.*, **449**, 1926, p. 259-260.
([2]) Van Romburgh, *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, 1, 1882, p. 234-236.

Le procédé d'obtention nouveau que nous allons faire connaître constitue au contraire, à tous points de vue, une véritable méthode de préparation de ces deux composés.

Il consiste à scinder par HBr on HI, suivant le cas, l'oxyde mixte de phényle et de β-chlorallyle obtenu par l'un de nous [1], avec un rendement de 75 pour 100, en condensant le dichloro-1.3-propène avec le phénate de sodium :



$$C^6H^5 - O - CH^2 - CH = CHCl + HX = C^6H^5OH + CH^2X - CH = CHCl.$$

Pour effectuer ces réactions, on dissout 1^{mol} d'oxyde mixte de phényle et de β-chlorallyle dans un égal volume d'acide acétique cristallisable et l'on fait arriver dans le mélange, à la température ambiante, la quantité théorique de gaz bromhydrique ou iodhydrique, sans chercher à s'opposer à l'échauffement qui ne tarde pas à se manifester.

L'isolement du produit attendu se réalise en mettant à profit la différence entre son point d'ébullition (130° pour $CH^2Br - CH = CHCl$ et 58° sous 19^{mm} pour $CH^2I - CH = CHCl$) et ceux du solvant (118°), du phénol engendré (181°) et de la petite quantité de matière première inaltérée (120° sous 20^{mm}).

On parfait la purification du produit par un lavage avec de la lessive de soude diluée, pour le priver des traces d'acide acétique ou de phénol qu'il est susceptible de contenir. Une rectification à la pression ordinaire pour le bromure, sous pression réduite pour l'iodure, fournit en définitive le produit à l'état de pureté.

Le rendement calculé sur l'oxyde mixte de phényle et de β-chlorallyle mis en œuvre est voisin de 70 pour 100; il atteint 50 pour 100 environ par rapport au dichloro-1.3-propène, matière première initiale.

Les données suivantes, tant physiques que chimiques, complètent les indications très sommaires publiées par les auteurs précités :

Bromure d'allyle β-chloré : $CH^2Br - CH = CHCl$. — Liquide incolore, violemment lacrymogène, caustique, à odeur éthérée analogue à celles du chloroforme et du dichloro-1.3-propène lorsqu'elle est perçue sur des traces de produit, pénétrante et piquante dans le cas contraire, bouillant à 130° sous la pression normale :

$$d_4^0 = 1,684; \qquad d_4^{9.5} = 1,670; \qquad n_D^{9.5} = 1,5255,$$

[1] L. Bert, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1565.

d'où

R. M. trouvée 28,53, calculée 28,22.

Analyse. — Subst., $0^g,1900$; AgCl + AgBr, trouvé $0^g,4035$, calculé pour C^3H^4ClBr $0^g,4048$.

Iodure d'allyle β-*chloré* : $CH^2I - CH = CHCl$. — Liquide jaune pâle, lacrymogène, caustique, à odeur alliacée, bouillant sans décomposition à 58° sous 19^{mm}, et à 162° sous la pression normale en se décomposant légèrement :

$$d_4^0 = 2,045; \quad d_4^{9,5} = 2,029; \quad n_D^{9,5} = 1,5993;$$

d'où

R. M. trouvée 34,09, calculée 33,25.

Analyse. — Subst., $0^g,2260$; AgCl + AgI, trouvé $0^g,4200$, calculé pour C^3H^4ClI $0^g,4222$.

Le bromure et l'iodure d'allyle β-chlorés réagissent sur le bromure de phénylmagnésium et sur le phénol sodé exactement comme le dichloro-1.3-propène en donnant respectivement :



$$C^6H^5 - CH^2 - CH = CHCl \ (^1) \quad \text{et} \quad C^6H^5\text{-}O\text{-}CH^2 - CH = CHCl \ (^2).$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Études sur l'inversion du sucre.* Note [3] de M. **Er. Toporescu**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les conclusions qui se dégagent des recherches sur la vitesse d'inversion du sucre sont multiples [4]. On a admis, en général, que le phénomène de l'inversion du sucre en présence d'un acide était due à une action spécifique des ions hydrogène. Cette hypothèse ne concorde pas avec les résultats des expériences, car on n'a trouvé aucune proportionnalité entre la quantité des ions d'hydrogène et la vitesse de la réaction [5].

---

(1) L. Bert, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1504.

(2) L. Bert, *loc. cit.*

(3) Séance du 15 février 1932.

(4) E. Cohen, *Zeit. physik. Chem.*, 375, 1901, p. 69; C. Kullgren, *Zeit. physik. Chem.*, 41, 1902, p. 407; Lindet, *Bull. Soc. chim.*, 31, 1904, p. 474; Rosanoff et H. Potter, *Am. Chem. Soc.*, 35, 1913, p. 248; H. Collin et A. Chaudun, *Journ. Chem. phys.*, 23, 1926, p. 808; A. Hantzch et A. Weissgerber, *Zeit. physik. Chem.*, 125, 1927, p. 251.

(5) Acree et J. Johnson, *Am. Chem. Journ.*, 38, 1907, p. 38) H. Collin et A. Chaudun, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 186; H. Duboux et R. Mermoud, *Helv. Chim. Acta*, 11, 1928, p. 583,

Le phénomène se complique quand on cherche à voir comment varie la vitesse d'inversion dans le cas sucre-eau-acide chlorhydrique-chlorure alcalin ([1]).

A la suite de nombreuses expériences sur la même question, j'ai été amené à penser que le phénomène d'inversion n'était pas dû aux ions hydrogène, mais aux molécules dépolymérisées de l'eau ([2]).

La dépolymérisation de l'eau peut être obtenue soit par l'action de la chaleur, soit par la dissolution de différentes substances, parmi lesquelles les acides sont les plus actifs. (Voir les constantes diélectriques des différentes dissolutions, qui sont en relation directe avec la structure intime du dissolvant.)

Pour démontrer que l'eau dépolymérisée par la présence de l'acide chlorhydrique est la cause de l'inversion du sucre, j'ai fait une série d'expériences consistant à ajouter à la dissolution de sucre et d'acide une substance qui ait une action contraire à celle de l'acide, c'est-à-dire une substance qui polymérise l'eau.

La substance qui remplit le mieux cette condition est l'urée.

En déterminant la vitesse de réaction pour les mélanges sucre-eau-acide chlorydrique-urée à 25°, on trouve que, pour une concentration de 60 pour 100 en urée, la vitesse de l'inversion est réduite à peu près à zéro.

Dans le tableau suivant, α représente l'angle de rotation de la solution examinée, à la température de 22° dans un tube de 20^{cm} de longueur, en employant comme source lumineuse la raie jaune de l'arc au mercure.

Les solutions étudiées ont les compositions suivantes :

I. (10^{g} sucre dans 100^{cm^3} de dissolution) + 25^{cm^3} HCl normal.
II. (10^{g} sucre, 75^{g} urée dans 100^{cm^3}) + 25^{cm^3} HCl normal.
III. (10^{g} sucre, 7,3075 NaCl dans 100^{cm^3}) + 25^{cm^3} HCl normal.

I.		II.		III.	
t (en minutes).	α.	*t* (en minutes).	α.	*t* (en minutes).	α.
8	10,95	50	11,12	27	10,20
141	8,00	376	10,85	105	7,43
334	4,79	1440	9,50	215	4,70
499	2,75	1848	9,10	350	2,32
1037	— 0,85				
1430	— 1,96				

([1]) H. Euler, *Zeit. phys. Chem.*, 32, 1900, p. 348; C. Kaulz et A. Robinson, *Ann. Chem. Soc.*, 50, 1928, p. 1022.

([2]) P. Pascal, *Traité de Chimie minérale*, 1, p. 170.

Cette explication du phénomène d'inversion est en concordance avec ce que l'on observe dans le cas de la dissolution sucre-eau-acide chlorhydrique-chlorure alcalin; parce que la vitesse de l'inversion est augmentée, et dans ce cas la dépolymérisation de l'eau est accrue par la présence du chlorure. Il est probable que l'action du chlorure alcalin sur l'eau s'ajoute à celle de l'acide chlorhydrique, comme le font les constantes diélectriques d'après la relation donnée par Drude.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Parallélisme entre la couleur et la réactivité d'un groupe chromophore.* Note [1] de Mme **Ramart-Lucas** présentée par M. G. Urbain.

Le comportement chimique d'une substance dépend non seulement des atomes qui la composent et de leur mode de liaison mais aussi de cette forme et de cette influence réciproque. Par suite l'étude, quantitative si possible, de toute propriété qui dépend de ces mêmes facteurs, peut amener de grands progrès dans la connaissance et l'explication des réactions chimiques.

Or précisément l'absorption de la lumière, en dépendance étroite avec les atomes et leur mode de liaison, est de plus très sensible à l'influence mutuelle des chromophores. Nous devons donc penser qu'il existe une relation entre la couleur et la réactivité. Bien que l'existence d'une telle relation ait été admise par différenis auteurs, on ne peut signaler qu'un nombre restreint de travaux ayant eu pour objet la recherche de cette relation. Et, en fait, sauf en ce qui concerne les relations entre la stabilité comparée des isomères transformables l'un dans l'autre et leur spectre d'absorption [2], les règles proposées reliant les caractères chimiques des molécules et leur absorption dans l'ultraviolet ne se sont pas trouvées vérifiées.

2. J'observerai d'abord que tous les carbures saturés cycliques ou acycliques sont transparents dans le visible et l'ultraviolet moyen jusqu'au delà de 1900 Å, et je définirai ainsi : 1° un groupe transparent; 2° un groupe chromophore :

---

(1) Séance du 15 février 1932.

(2) Mme Ramart-Lucas, *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 1301; Mme Ramart-Lucas et M. Salmon-Legagneur, *Ibid.*, p. 1848; Mme Ramart-Lucas et M. Anagnostopoulos, *Ibid.*, p, 1626; Mme Ramart-Lucas et Mlle Amagat, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 636.

1° Soit un groupe T tel que si on l'introduit dans un carbure saturé la molécule est transparente, l'expérience montre qu'il en est ainsi pour tout autre carbure saturé (tels sont : CH^3, CH^2, CH, OH, ...).

2° Soit maintenant un groupe A tel que si on l'introduit dans un carbure saturé la molécule résultante est colorée. L'expérience montre qu'il en est alors ainsi pour tout autre carbure saturé : ce que j'exprimerai en disant que le groupe A est absorbant ou *chromophore* (tels sont : C = O, COOH, CONH, NH^2, ...).

3. On pouvait s'attendre à ce qu'un groupe chromophore donné ait une couleur définie, la même dans tous les carbures saturés où on l'introduit. Il n'en est pas ainsi : on le comprend si l'on songe que ce chromophore ne peut exister isolément et que par suite son état interne (donc les périodes de vibration qui définissent la couleur) ne dépend pas seulement de l'enchaînement des atomes qui le constituent, mais aussi des actions qui sont exercées sur le chromophore par l'atome ou les atomes auxquels il est fixé (atomes influencés d'ailleurs eux-mêmes par ceux auxquels ils s'attachent).

On conçoit ainsi comment un même chromophore, considéré comme vibrateur, peut prendre des fréquences propres, c'est-à-dire des couleurs différentes, selon le carbure où il est engagé.

C'est ainsi que le groupe C = O n'a pas la même couleur suivant qu'il est uni à deux atomes d'hydrogène (HCHO), à un atome d'hydrogène et à un radical méthyle (CH^3.CHO) ou encore à deux groupes méthyle (CH^3.CO.CH^3).

Pourtant cette influence ne se poursuit pas très loin de proche en proche et c'est ainsi que tous les corps : A.$(CH^2)^n$.CH^3 ont sensiblement la même absorption dès que *n* atteint la valeur 2, et il est à prévoir qu'il en sera de même pour tous les corps de chacune des séries $A.CH\langle{}^{(CH^2)^n.CH^3}_{(CH^2)^{n'}.CH^3}$; $CH^3.(CH^2)^n.A'.(CH^2)^{n'}.CH^3$, etc. (il faudra pourtant tenir compte de l'enroulement des molécules de la façon que je préciserai).

4. Chaque fois que la couleur due à un chromophore est la même (comme il arrive dans les séries que l'on vient de citer) c'est que l'état intérieur du chromophore est le même; dès lors la réactivité chimique doit être la même. Cela signifie même variation d'énergie pour une réaction d'un type donné (éthérification par exemple), et probablement même vitesse de réaction. Les résultats suivants concernent ce dernier caractère et vérifient cette prévision :

Par exemple les acides normaux $CH^3.(CH^2)^n$.COOH qui ont la même

absorption [1] depuis le terme pour lequel *n* est égal à deux, ont d'après Sudborough et Gittins [2] la même vitesse d'éthérification depuis l'acide butyrique jusqu'à l'acide stéarique.

De même les amines primaires $CH^3.(CH^2)^n.NH^2$ ont depuis l'éthylamine jusqu'à l'heptylamine la même vitesse de réaction avec le bromure d'allyle [3]. Or M. Grunfeld, ayant mesuré (sur mon conseil) l'absorption d'un certain nombre d'amines de cette série depuis la pentylamine jusqu'à la dodécylamine, a trouvé que tous ces composés ont une absorption identique, et a trouvé aussi qu'ils ont les mêmes vitesses de réaction avec l'éther malonique (expériences inédites).

Le parallélisme prévu entre couleur et réactivité se vérifie donc déjà dans ces premiers exemples.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Caractère général de la précipitation des sucres et des polyols par les hydroxydes des métaux lourds en milieu alcalin.* Note [4] de MM. **P. Fleury** et **J. Courtois**, présentée par M. A. Desgrez.

L'entraînement des sucres par les sels de cuivre, en milieu alcalin, ainsi que celui qu'on obtient à l'aide de l'acétate de plomb ammoniacal, sont connus de longue date. Le premier a fait l'objet d'une étude systématique par l'un de nous et P. Ambert (*Comptes rendus*, 189, 1929, p. 1282). Mais, à part quelques rares essais (par exemple G. Meillère, *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 26, 1907, p. 300), on n'a pas cherché, semble-t-il, à déterminer si ce phénomène est spécifique de certains métaux et de certains sucres, ou s'il présente au contraire un caractère général.

Ce sont les résultats d'une telle étude que nous résumons dans cette Note.

1. Nous avons comparé dans des conditions aussi identiques que possible l'entraînement du glucose et du mannitol en ajoutant à leur solution divers nitrates de métaux lourds et un fort excès d'alcali (soude, baryte ou ammoniaque).

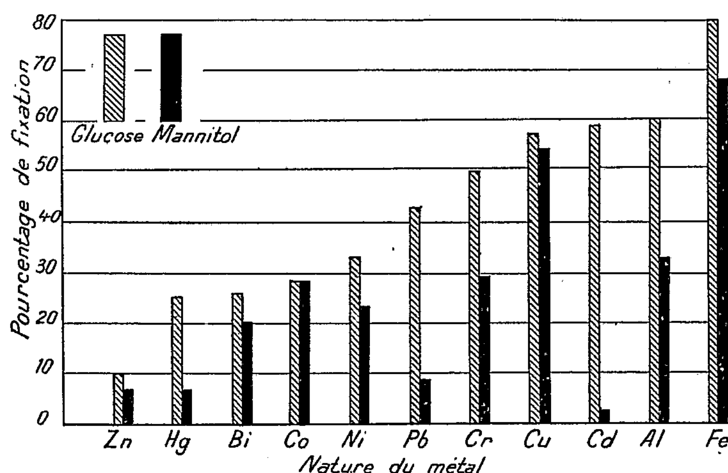
---

(1) Mme Ramart, Mlle Biquard et M. Grunfeld, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1196.
(2) *Chem. Soc.*, 93, 1908, p. 210.
(3) Menschutkin, *D. ch. G.*, 30, 1897, p. 2775.
(4) Séance du 8 février 1932.

Mode opératoire. — On partait des solutions suivantes :

Solution de glucose ou de mannitol à 10 pour 100........		10^{cm^3}
Solution de nitrate métallique à la concentration équimoléculaire à celle du sucre..............................		10
Solution alcaline normale......................	q. s. p.	100

Au mélange des solutions de sucre et de nitrate refroidi dans la glace fondante, on ajoute peu à peu, en agitant, la solution alcaline. Après quelques minutes de contact en agitant, on filtre et l'on dose le glucose ou le mannitol dans le filtrat. On en déduit par différence le pourcentage du sucre retenu par le précipité. Nous avons d'ailleurs établi la légitimité de cette déduction en dosant, dans un certain nombre de cas, le sucre à la fois dans le précipité et dans le filtrat.



Nous ne retenons ici que les résultats obtenus avec la baryte. Avec la soude, le précipité obtenu d'abord se redissout le plus souvent d'une façon plus ou moins complète dans l'excès d'alcali, ce qui rend l'interprétation des résultats particulièrement délicate. Avec l'ammoniaque les résultats sont, dans l'ensemble, comparables à ceux obtenus en milieu barytique, mais, d'une façon générale, nettement moins élevés.

Les résultats obtenus avec 11 métaux et la baryte sont résumés dans le graphique ci-dessus, où les métaux ont été disposés d'après l'importance croissante de l'entraînement du glucose. A côté du trait hachuré dont la hauteur est proportionnelle à la fixation du glucose, le trait noir figure la même grandeur pour le mannitol.

Ce graphique traduit le caractère général de la fixation du glucose et du mannitol par les hydroydes des métaux lourds en milieu fortement alcalin. On observe, cependant, de grandes variations qui, pour le glucose, s'étendent de 11 pour 100 dans le cas du zinc à 78 pour 100 dans celui du fer. Pour le mannitol, la quantité fixée n'est jamais supérieure à celle du glucose et, le plus souvent, nettement inférieure. Dans les deux cas c'est le fer qui se montre le plus actif.

II. En prenant, à titre d'exemple, le cadmium et le fer, nous avons comparé leur pouvoir fixateur, en milieu barytique sur une série sucres et une série de polyols. On utilisait les solutions suivante (1) :

		cm^3
Solution à 10 pour 100 de sucre ou de polyol		10
Solution de nitrate métallique (même concentration que plus haut)		20
Solution de baryte 2N (par dilution convenable de la solution saturée vers 38°-40°)		50
Eau	q. s. p.	100

Même mode opératoire que plus haut. Sucres étudiés : arabinose, fructose, glucose, saccharose, maltose, lactose, raffinose. Polyols : glycol, erythritol, dulcitol, mannitol, inositol.

1° Quel que soit le sucre utilisé, le pourcentage d'entraînement est très comparable : 75 (arabinose) à 95 (glucose) dans le cas du fer; 68 (glucose) à 89 (raffinose) dans le cas du cadmium. Le sel ferrique donne des résultats en général, nettement supérieurs à ceux du cadmium, sauf lorsque la solubilisation du précipité ferrique est très marquée (arabinose, fructose).

2° En ce qui concerne les polyols, l'entraînement varie dans le cas du fer de 15 pour 100 (glycol) à 95 pour 100 (inositol) et dans celui du cadmium de 8 pour 100 (glycol) à 30 pour 100 (inositol), l'importance de cet entraînement semble augmenter en fonction du poids moléculaire, comme l'un de nous, avec M. P. Ambert, l'a déjà montré dans le cas du cuivre.

3° Nous avons recherché le rôle de l'anion du sel utilisé. Si la substitution, au nitrate systématiquemenr employé, du chlorure ou du sulfate ne nous a pas paru modifier sensiblement les résultats. il n'en a pas été de même pour l'acétate. Nous avons étudié comparativement, à ce point de vue, les

(1) Dans cette deuxième série d'expériences la quantité de nitrate métallique introduite est le double de la quantité utilisée dans la première. Cette modification a pour but de provoquer un entraînement plus considérable du glucide et de rendre plus manifestes les différences dans le comportement des glucides utilisés.

acétates et les nitrates de six métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Fe, Ni) en milieu barytique sur le glucose et le mannitol. A une exception près (cuivre et mannitol), les chiffres obtenus avec les acétates sont supérieurs (10 à 50 pour 100) à ceux donnés par les nitrates.

Conclusions. — Ces expériences établissent le caractère de très grande généralité de la fixation des glucides et des polyols par les hydroxydes des métaux lourds en milieu fortement alcalin (soude, baryte, ammoniaque). Au point de vue des alcalis, les meilleurs entraînements sont obtenus avec la baryte, puis l'ammoniaque. Au point de vue de l'anion du sel, les acétates donnent de meilleurs résultats que les anions minéraux. Au point de vue du métal, le fer se classe en tête de la série.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur l'acidité de l'huile de ricin.*
Note de M[lle] **M.-Th. François**, présentée par M. M. Delépine.

Les procédés chimiques de neutralisation des huiles végétales qui reposent sur la formation d'un savon alcalin ou sur la combinaison des acides gras libres avec une base organique ne semblent pas susceptibles, dans le cas de l'huile de ricin, de fournir un produit rigoureusement neutre, ni exempt de traces de savon ([1]). Seules les méthodes d'ordre physique paraissent applicables pour en isoler, à l'état de pureté, les différents principes immédiats. J'ai expérimenté les procédés suivants sur des huiles du type Aéronautique (acidité inférieure à 2 exprimée *en acide oléique* pour 100):

Cristallisation fractionnée. — L'huile de ricin, soumise à l'action prolongée du froid, se présente sous l'aspect d'un magma cristallin surmonté d'un liquide visqueux. Des échantillons prélevés dans chacune des deux parties possèdent exactement la même acidité.

Ultra-filtration. — L'ultra-filtration permettait d'espérer une séparation des glycérides et des acides libres. Les pellicules spéciales pour l'huile de ricin en collodion dénitrifié D. M. S. n°s 800, 1500, 3000 ([2]) ont été essayées en vain. Le filtrat, prélevé à divers moments de l'opération, avait toujours l'acidité primitive.

([1]) M.-Th. François, *Sur la neutralisation des huiles de ricin* (*Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1308-1310).

([2]) Les numéros désignent le nombre de mètres cubes d'eau qu'une membrane de 1$^{m^2}$ de surface peut filtrer en 24 heures.

Entraînement par la vapeur d'eau. — Dans l'industrie le procédé Wecker rend des services incontestables et permet de transformer des huiles d'acidité élevée en huiles répondant aux exigences du cahier des charges de l'Aéronautique militaire; mais la quantité d'acide libre paraît se fixer à 1 pour 100 dans les meilleures conditions. Au laboratoire, il m'a été impossible, malgré des expériences répétées, d'abaisser d'une façon notable l'acidité des huiles soumises à l'entraînement par de la vapeur d'eau.

Dissolution fractionnée dans de l'éther de pétrole. — Le procédé de dissolution fractionnée dans de l'éther de pétrole léger indiqué par M. E. André (1) et par MM. Panjutin et Rapoport (2) a été mis en œuvre. Les cinq fractions d'égal volume ainsi séparées possédaient l'acidité de la matière première.

Action des produits absorbants. — Des essais ont été réalisés en agitant mécaniquement l'huile de ricin avec 10 pour 100 de son poids de chacun des produits suivants : terre à foulon, terre de pipe, terre d'infusoires, gel de silice, alumine calcinée, noir activé urbain, charbon animal lavé; l'acidité de l'huile, après décantation et filtration, s'est abaissée respectivement de 40, 11,7, 0, 30, 47, 11,7 et 13 pour 100. Ce résultat, bien que positif, n'est pas encore suffisant.

Devant l'échec des méthodes physiques pour la séparation rigoureuse des acides gras contenus dans l'huile de ricin, on peut penser que les glycérides neutres retiennent énergiquement les acides à la faveur des fonctions alcool secondaire qu'ils contiennent.

Par ailleurs, il semblait utile de rechercher quel est l'état de l'acide ricinoléique formé par hydrolyse au sein de l'huile au cours de la fabrication. On sait que, sous l'influence de certains facteurs, [longue période de repos (3), acide sulfurique (4), chaleur (5)] il se transforme en un mélange d'acides polyricinoléiques difficiles à séparer. Pour étudier systématiquement l'altération subie au cours du stockage, j'ai conservé pendant deux ans un

---

(1) Em. André, *L'huile de ricin, lubrifiant national* (*Chimie et Indust.*, 24, 1930, p. 35-42 T).

(2) Panjutin et Rapoport, *Zur Frage der Gewinnung des reinen Glyzerids des Rizinolsaüre* (*Chem. Umschau*, 37, 1930, p. 130).

(3) Hans Meyer, *Chemische Notizen über Ricinusöl* (*Archiv. der Pharm.*, 235, 1897, p. 184-191).

(4) P. Juillard, *Sur la constitution des huiles pour rouge* (*Bull. Soc. chim.*, 3e série, 6, 1891, p. 638-656).

(5) Rassow, *Sur l'acide ricinoléique* (*Monit. scient. de Quesneville*, 80-81, 1914, p. 302-307).

acide ricinoléique qui, à l'origine, possédait les caractères suivants : indice d'iode (Hanus) 86, indice de saturation avec une solution alcoolique de potasse 186,6. (Théorie pour $C^{18}H^{34}O^{3}$: 85,3 et 188.) Les indices de saturation déterminés à froid, au moyen d'une solution aqueuse de soude caustique étaient respectivement de 175, 170, 155, 150, dès la libération de l'acide, vingt-quatre heures, deux mois, vingt mois après sa préparation.

En épuisant avec de l'éther une solution aqueuse de l'acide ricinoléique conservé pendant 20 mois et neutralisé exactement à froid par de la soude, j'ai pu isoler péniblement une petite quantité d'un produit neutre possédant les caractères suivants : Densité, $D_{15°}^{15°} = 0,9505$; indice de réfraction, $n_D^{18°} = 1,4740$; indice de saturation, 0,4 ; indice de saponification, 196 ; indice d'iode (Hanus), 88 ; poids moléculaire moyen (cryoscopie dans l'acide acétique) : 300 ; calculé d'après la réfraction moléculaire : 283 (poids moléculaire de la ricinolactone : 280).

Ce produit résulte de la cyclisation de l'acide-alcool par estérification interne (lactone), ou par interaction des fonctions acide et alcool de plusieurs molécules (lactides). Les déterminations cryoscopiques et réfractométriques semblent coïncider pour lui attribuer la première forme.

Conclusions. — Les acides gras libres contenus dans l'huile de ricin sont fortement retenus par les glycérides neutres, les méthodes physiques paraissent impuissantes à opérer une séparation absolue. La petite quantité d'acide ricinoléique libérée au cours de la fabrication de l'huile se transforme partiellement pour donner des acides polyricinoléiques précédemment décrits, et des produits cycliques neutres qui, à notre connaissance, n'avaient pas été signalés.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sphérolites à enroulement hélicoïdal de l'hélénine.* Note de M. **Paul Gaubert.**

J'ai déjà décrit les sphérolites de l'hélénine fondant vers 74° (alantolactone), obtenus par solidification d'une masse fondue sur une lame de verre (¹). La rotation se fait autour de la direction de l'indice de réfraction moyen, coïncidant avec celle des fibres.

L'hélénine brute du commerce, fondant vers 80°, contient la substance

(¹) P. Gaubert, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 973.

précédente et une quantité variable de l'hélénine, à laquelle Kallen a attribué la formule $(C^6H^8O)^x$, mais qui d'après J. Sprinz a la même composition centésimale que l'alantolactone $(C^{15}H^{20}O^2)$. C'est l'isoalantolactone. Le produit brut, en cristaux très petits, fondu sur une lame de verre et recouvert d'un couvre-objet, donne par cristallisation à la température ordinaire diverses formes de sphérolites pouvant se réduire aux trois types suivants :

1° Sphérolites dont le pas de l'hélice est très petit (inférieur à 40^μ) et dont l'enroulement se fait autour du grand indice de réfraction n_g, constitués par de l'isoalantolactone; ils sont faciles à identifier par leur point de fusion voisin de 115°. Cette substance forme souvent des amas gros comme une tête d'épingle, composés de petits cristaux, dans la masse de l'hélénine brute, et c'est à cette particularité qu'il est possible d'obtenir des sphérolites à peu près purs.

2° Sphérolites avec des anneaux beaucoup plus larges que ceux des précédents (pas de l'hélice 400^μ environ) et dont la rotation des particules cristallines a lieu aussi autour de l'indice de réfraction n_g. La substance est optiquement biaxe et les axes optiques n'ayant pas un écartement constant, les couronnes correspondant à la bissectrice aiguë (ici c'est n_p) ont une teinte de polarisation plus ou moins élevée par rapport à celle du plan des axes.

3° Sphérolites dans lesquels l'enroulement a lieu suivant l'indice de réfraction moyen n_m et qui sont identiques à ceux de l'alantolactone. Mais alors que les teintes de polarisation correspondant aux deux bissectrices sont voisines avec le produit pur (écartement des axes optiques voisin de 80°), elles peuvent être très différentes par suite de l'écartement variable de ces axes dans les sphérolites du produit brut.

Quelle que soit la composition des sphérolites, leurs propriétés optiques sont très intéressantes. J'ai déjà montré que sous l'influence de la chaleur, la biréfringence de ceux de l'alantolactone, diminuait rapidement, modification suivie de la variation de l'angle des axes optiques, devenant assez petit pour que les sphérolites rappellent l'enroulement d'un cristal uniaxe autour d'une direction perpendiculaire à l'axe optique.

Les modifications des sphérolites à enroulement autour de n_g, décrits au paragraphe 2° et avec un grand pas de l'hélice, sont encore plus frappantes. La préparation placée sur la platine chauffante du microscope montre les phénomènes suivants :

La biréfringence diminue à partir de 50°. Vers 65°, les zones correspon-

dant à la bissectrice aiguë n_p, éteintes par suite du rapprochement des axes optiques conduisant à l'uniaxie, commencent à polariser de nouveau la lumière dans leur milieu et s'entourent de deux couronnes étroites, tout à fait obscures, dues aux axes optiques. Par conséquent, comme l'indique l'examen optique, le mode d'enroulement s'est tout à fait modifié. Il se fait maintenant autour de l'indice moyen n_m, comme dans les sphérolites d'alantolactone. La température continuant à monter, les couronnes relatives à la bissectrice aiguë s'élargissent aux dépens de celles de la bissectrice obtuse. Leur biréfringence s'élève en même temps et peut même atteindre celle de l'autre bissectrice. L'angle des axes optiques est alors voisin de 90°. Habituellement les sphérolites fondent à ce stade (vers 80°), mais parfois le point de fusion est un peu plus élevé, car il s'agit d'un mélange, et alors les axes optiques continuent à s'écarter de telle sorte que la bissectrice aiguë devient bissectrice obtuse. En même temps que toutes ces variations s'accomplissent, la biréfringence de la substance n'a pas cessé de diminuer, elle est presque nulle un ou deux degrés avant la fusion.

Par refroidissement, le phénomène est réversible, mais, si la préparation est refroidie très lentement, il se produit un phénomène singulier. De petits cristaux légèrement allongés perpendiculairement aux rayons des sphérolites apparaissent. Ceux de la zone correspondant à la bissectrice aiguë sont plus petits et moins épais que ceux de la couronne due au plan des axes optiques et paraissent par conséquent moins biréfringents, aussi la préparation examinée avec un faible grossissement semble être identique, à première vue, à celle du début n'ayant subi aucune modification. Ces petits cristaux sont stables à la température ordinaire, mais la préparation étant chauffée de nouveau, ils disparaissent et il se reproduit les fibres du début, comme s'il s'agissait d'une transformation polymorphique. C'est un mélange des deux lactones, instable quand la température est maintenue un certain temps vers 60°.

J'ai déjà indiqué que la présence des matières étrangères modifiait le pas de l'hélice, aussi celui des sphérolites de l'alantolactone impure est plus petit que lorsqu'elle est pure. L'abaissement de la température à laquelle se fait la cristallisation agit dans le même sens. Les préparations cristallisant au-dessous de 0° donnent des sphérolites avec des couronnes suffisamment serrées pour produire des anneaux de diffraction très brillants par l'examen d'une source lumineuse ([1]).

([1]) P. Gaubert, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1576.

Donc indépendamment de l'intérêt théorique des édifices à enroulement hélicoïdal, leurs sphérolites permettent de distinguer très rapidement, non seulement les produits de l'hélénine brute, mais aussi leurs mélanges alors que l'examen des cristaux, à cause de leurs faibles dimensions, donne peu de résultats.

MINÉRALOGIE. — *La genèse des oolithes*. Note de M. **J.-P. Arend**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'oolithe, constituant principal des minerais de la Lorraine et du Luxembourg, est représenté, comme nous le savons, par un ovoïde plus ou moins régulier, composé de couches parfois hétérogènes, mais se groupant toujours symétriquement autour d'un fragment zoolithe ou d'un grain clastique. La pellicule extérieure, plus foncée, est lisse et se détache sans difficulté du ciment enveloppant qui est toujours de composition différente.

On admet souvent un mode de formation qui explique les faits, mais reste stérile en déduction. Il comporterait deux phases successives.

a. Une première où, *dans un milieu générateur*, composé de silicates de fer, de chlorites ou de glauconites et sous l'influence des apports de la côte ou du sous-sol, devait s'accomplir sous le jeu des flots, le cycle de la transformation chimique et physique des oolithes et ce, soit avec le concours de bactéries ou de diatomacées, soit par l'intermédiaire d'une métamorphose partielle ou d'une métasomatose supposée.

b. Une seconde phase, où les oolithes ferrugineux formés sont enfin entraînés par les courants vers des *centres d'accumulation* du fond pour y rester déposés définitivement.

Les résultats d'une série d'études pétrographiques effectuées sur toutes les couches du domaine minier des Sociétés Arbed-Terres Rouges m'ont conduit à des conclusions différentes :

1° L'oolithe ne prend naissance que dans un milieu calcaire relativement pur.

2° La forme de l'oolithe dépend de la nature de la gangue; sa grandeur dépend des conditions de milieu et d'oxydation.

3° La composition de l'oolithe est pratiquement constante dans les différentes couches; elle est indépendante aussi bien de la richesse des minerais que de la nature des couches.

4° Le ciment normal enveloppant l'oolithe ne contient jamais de gels *ferriques* qui sont toujours incorporés dans l'oolithe même.

5° Un milieu impur, envahi par de petits fragments de quartz ou d'argile, ne se prête pas à la formation d'oolithes.

6° L'épisode génétique des oolithes est invariable pour toutes les couches.

7° Le nombre des oolithes est toujours en relation étroite avec la nature du ciment.

Ces énoncés succincts suffisent pour souligner le mode de formation sur place et nettement colloïdale des oolithes. La micelle active de la solution colloïdale solide est identique dans tous les étages. Les variations de qualité des minerais sont dues à l'effet diluant de la solution intermicellaire solide, soit de calcite, soit de quartz suspendus, soit des deux réunis.

Examinons la succession des faits. La putréfaction d'une faune exubérante est en voie de se consommer dans certains sédiments ferrugineux jurassiques assez purs, d'origine thermale et hydrocarbonatée, sédiments déjà ensevelis dans des schistes et dans des calcaires. A ce moment les premiers phénomènes de réoxydation vont provoquer l'avènement des oolithes. Nous sommes en présence d'une suspension colloïdale solide, d'un mélange composé essentiellement d'hydrocarbonates et de carbonates de fer et de chaux, de silice et d'alumine colloïdale, de phosphates, maintenant en suspension des corps inactifs, du quartz clastique, de l'argile des schistes, puis des restes zoolithes en très grandes quantités. Le magma est stable, aussi longtemps qu'il reste à l'abri de l'oxygène de l'air. A son premier contact avec celui-ci, la libération du gel ferrique, servant à former l'oolithe, devient possible par la double décomposition suivante :



$$2\,FeH^2(CO^3)^2 + CaH^2(CO^3)^2 + O = 2\,Fe(OH)^3 + CaCO^3 + 5\,CO^2.$$

Le coagulant nécessaire est fourni par des phosphates d'origine organique. Leur rôle est nettement établi par les essais suivants : 50^{cm^3} d'une solution de sel de Mohr 25 g/litre ont été agités pendant 15 minutes, au contact de l'air, avec des additions variées de phosphates. Le rôle de quantités minimes des phosphates dans un milieu hydrocarbonaté ressort nettement de ces expériences.

				Degré d'oxydation en pour 100.
50^{cm^3} de sol. de sel de Mohr				0
»	$+1^g Ca+CO^3$			48,8
»	»	$+0^g,01 Ca^3(PO^4)^2$		46,0
»	»	$+0^g,05$ »		44,6
»	»	$+1^g NaHCO^3$		66,5
»	»	»	$+0^g,01 Ca^3(PO^4)^2$	77,6
»	»	»	$+0^g,05$ »	87,1
»	»	»	$+0^g,50$ »	90,8

Le mécanisme des réactions génétiques est donc le suivant. En présence d'oxygène, la première rupture d'équilibre se produit à l'endroit de la plus grande concentration des phosphates, c'est-à-dire sur le nodule phosphaté microscopique. Le premier flocon de gel ferrique est aussi fixé sur un support quelconque, ordinairement microscopique, qui devient le point actif central de l'oolithe futur, croissant en couches concentriques et superposées, dans le jeu alternant des réactions suivantes : précipitation du gel ferrique entraînant, en petites quantités, les composés ferreux et calcaires de la solution intermicellulaire, c'est-à-dire du futur ciment; formation de phosphates de fer; adsorption de silice et d'alumine colloïdale.

Sur ces réactions principales se greffent des réactions secondaires : la décomposition des phosphates de fer par la silice soluble avec libération de l'acide phosphorique toujours renaissant qui, associé à l'acide carbonique de la réaction, maintient la pellicule extérieure dans un état suffisamment acide pour mouler l'oolithe dans le ciment calcaire qui l'enveloppe.

La vitesse de ce moulage est réglée par la croissance de l'oolithe même. Celle-ci dépend en première ligne de l'oxygène disponible, de la viscosité et de la concentration du magma solide. Ce sont ces interdépendances qui, en relation avec la composition de la solution intermicellaire, déterminent, outre la forme et le nombre des oolithes, la constitution même des formations oolithiques en général. Ce mécanisme, aujourd'hui encore, assure la répartition judicieuse d'un travail gigantesque sur des myriades de foyers en vue de transformer des milliards de tonnes pendant des milliers de siècles.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur les roches crétacées de la côte du Gabon (A. E. F.).* Note (¹) de M. **Raymond Furon**, présentée par M. L. Cayeux.

J'ai attribué (²) au Crétacé la série des roches de la région côtière. Une étude plus complète des échantillons et leur examen micrographique me permettent de nouvelles précisions.

Les roches de la côte. — Entre l'embouchure de la lagune N'Komi ou de Fernan Vaz et celle de la lagune N'Gové ou d'Iguéla, affleurent de place en place des roches siliceuses, parfois phosphatées, presque toujours bitumineuses, contenant des silex. Ces roches sont compactes, à grain fin, de teinte brune ou verdâtre; disposées en couches de quelques centimètres, elles ont une puissance visible de 3ᵐ. La cassure est irrégulière et opaque sur les bords. Au microscope, on voit quelques grains de quartz détritique et quelque paillettes micacées dans une pâte fine, complètement imprégnée de silice secondaire, sous forme de calcédonite. Les petites fissures de la roche sont remplies ou au moins tapissées de mamelons de calcédoine. Il n'y a aucune trace visible d'organismes, sauf dans les lits phosphatés. Les silex, à bordure claire, ressemblent tout à fait aux silex de la craie. Ces roches, silicifiées secondairement, représentent une ancienne vase argilo-calcaire, contenant quelques grains de silice.

Sur la bordure sud de la lagune d'Iguéla, on a des grès grossiers, à ciment calcaire, contenant des empreintes de Lamellibranches et des débris de dents de Poissons. Ces grès calcaires sont comparables à ceux de Pointe Noire, considérés comme du Crétacé tout à fait supérieur par V. Babet (³) et même du Paléocène par J. Lombard (⁴).

La lagune N'Komi. — Deux fossiles (*Mortoniceras texanum* Rœmer ? et *Inoceramus regularis* d'Orbigny) ont été recueillis au Nord de la lagune à l'Est du Poste, sur la terre d'Assévé, dans des grès tendres considérés comme

(¹) Séance du 22 février 1932.

(²) R. Furon, *Sur la géologie du Gabon* (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 168).

(³) V. Babet, *Étude géologique de la zone du chemin de fer Congo-Océan*, 1929, p. 77.

(⁴) J. Lombard, *Description de deux dents de* Lamnidæ *provenant de la falaise de Pointe Noire* (*C. R. Soc. géol. Fr.*, 1928, p. 283-284).

santoniens par J. Lombard (1). J'ai vu ces grès plus à l'Est dans la crique de l'Assévé, à l'Est de l'île de Ningué Sika et à l'embouchure du Rembo N'Komi. Je n'ai trouvé là que des empreintes de petits Lamellibranches. Au-dessus de ces grès, vient une série de roches siliceuses que j'ai suivies au Sud de la lagune, dans la concession de la Mission de Sainte-Anne. Les fissures de la roche, atteignant une dizaine de centimètres, sont tapissées par des cristaux de quartz. Dans celles de ces roches qui proviennent de la crique de l'Assévé, on voit de petites vertèbres de Poissons et des empreintes de débris d'Inocérames. Au microscope, la pâte, fine, montre quelques grains de quartz détritique; les petites fissures sont remplies de quartzine et de calcédonite, celle-ci ayant complètement envahi la roche qui était primitivement une vase argilo-calcaire, avec un peu de silice. On découvre ici des traces nombreuses d'organismes. Beaucoup sont indéchiffrables, mais on reconnaît des prismes d'Inocérames; des Foraminifères à test particulièrement fin, appartenant aux groupes des Globigérines et des Textularidés; des Radiolaires, dont un, en parfait état, du groupe des Porodiscidés, est absolument semblable à ceux des roches siliceuses du Sénonien de Herve (Belgique), figurés par M. L. Cayeux (2).

Ces roches siliceuses sont identiques à l'Assévé, à Ningué Sika, à la Mission Sainte-Anne et au Nord de la lagune d'Iguéla. Quelle est leur position stratigraphique? A l'Assévé, elles reposent sur des grès santoniens; sur la côte, elles plongent vers le Sud à la Pointe Sainte-Catherine; à 2^{km} plus au Sud, nous trouvons l'affleurement de grès calcaires attribués au Paléocène. *Les roches siliceuses de la côte gabonaise représentent donc le Sénonien moyen ou supérieur.*

De l'extension du Crétacé supérieur vers l'Est. — Le rivage de la mer crétacée était plus à l'Est, en bordure de la chaîne granitique. Des grès fins, tendres, semblables à ceux de l'Assévé, reposent sur les granites de l'Ofoubou et de l'Abangué. D'autres roches apparaissent dans cette région; ce sont: les grès sublittoraux et les grès à plantes, connus depuis la Guinée espagnole jusqu'en Angola et que l'on tend à considérer comme la base du Crétacé. Quant aux roches siliceuses de cette zone, elles sont à grain,

(1) J. Lombard, *Céphalopodes et Lamellibranches crétacés du Congo français* (*Bul. de la Soc. géol. de Fr.*, 4e série, 30, 1930, p. 317).

(2) L. Cayeux, *Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires* (*Mém. Soc. géol. du Nord*, IV, 2, Lille, 1897).

tantôt fin, tantôt grossier, souvent bitumineuses. Comme celles de la côte, elles ont subi une silicification secondaire intense : les éléments primitifs sont remplacés par du quartz de néoformation et de la calcédoine. Aucun organisme reconnaissable n'a subsisté.

Conclusions. — 1° Toutes les roches situées entre la chaîne granitique et la côte sont bitumineuses et toutes ont subi une silicification secondaire intense;

2° Le Santonien à Céphalopodes, gréseux, est recouvert par des roches siliceuses, du Sénonien moyen ou supérieur, représentant des boues calcarifères contenant un peu de quartz détritique. Le test mince des Foraminifères implique la vie dans une mer assez profonde, tranquille, favorable aux dépôts de vases fines;

3° Les derniers termes du Crétacé tout à fait supérieur et le Paléocène (?) sont à l'état de grès très grossiers, calcareux, à moulages de Lamellibranches et débris de dents de Poissons, dont les éléments détritiques proviennent de la chaîne granitique. Ce nouveau faciès indique une diminution considérable de la profondeur des mers.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Observations sur le* Sorbus confusa *Gremli* (= S. aria + torminalis). Note de Mlle **Lucienne George**, présentée par M. L. Blaringhem.

Le *Sorbus confusa* (*hybride interspécifique non fécond du* Sorbus aria *Crantz et du* S. torminalis *Crantz*) a une vigueur très supérieure à celle de ses parents [1] et se multiplie indéfiniment par voie végétative en poussant des *drageons en très grande abondance;* il croît de préférence sur les plateaux calcaires plus ou moins décalcifiés.

Tige jeune. — L'épiderme est légèrement pilifère. L'hypoderme présente 5 à 7 assises tannifères passant insensiblement à du parenchyme dont la plupart des éléments sont des sacs à tannins, et dont quelques-uns contiennent un oursin. L'endoderme, régulier, est tannifère. Le péricycle renferme une quinzaine de faisceaux sclérenchymateux cellulosiques. Le phloème, avec tubes criblés, cellules annexes, parenchyme libérien, contient quelques stegmates. Le bois, avec de nombreuses fibres passant à des tra-

---

[1] *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 478 et 636.

chéides, est entouré d'éléments fortement tannifères, à parois épaisses. La moelle est nettement hétérogène, avec une ou plusieurs assises de grosses cellules vivantes à parois épaisses canaliculées, contre ces éléments tannifères, et des groupes de cellules vivantes disséminées parmi les éléments morts à parois minces du centre, dont quelques-uns contiennent un oursin.

Tige âgée. — Le liège s'établit de bonne heure dans l'épiderme et l'exfolie. Il n'y a pas de phelloderme. Il n'y a pas de rhytidome. Le liber est riche en tubes criblés formés par des cellules terminées en pointe aux extrémités; les surfaces obliques par lesquelles elles adhèrent sont couvertes de cribles; il y a également de nombreuses plages criblées sur les parois radiales, de sorte que les tubes criblés contigus communiquent les uns avec les autres. Ils communiquent de la même façon avec leurs cellules compagnes et avec les rayons médullaires libériens, unisériés ou bisériés, fortement chargés en tannins. Les fibres sont en général par groupes de 3 à 5 et certaines sont accompagnées de stegmates en proportions intermédiaires entre celles qui existent chez les parents. Dans le liber le plus ancien, des amas de cellules pierreuses à parois canaliculées, épaisses, à lumen plus large que celui des fibres, se sont formés entre les éléments libériens. Le bois contient des vaisseaux rayés, réticulés, dont quelques-uns présentent des grilles obliques perforées, des trachéides à ponctuations aérolées, à lumière en forme de fente oblique, disposées suivant plusieurs spirales autour de chaque hadrocyte, des fibres à ponctuations en forme de fente, mais non perforées au niveau de leurs parois contiguës avec les rayons médullaires. Les parois de ces derniers en contact avec les vaisseaux présentent des ponctuations aréolées. Ils sont formés d'une à deux files de cellules.

Les *composés tanniques sont beaucoup plus abondants que chez les parents*, en particulier dans le bois et le liber âgés et dans l'écorce des rameaux jeunes; le bois est d'autant plus riche en tannin qu'il est plus âgé. Réduit en poudre, traité par l'acétone dans un appareil de Soxhlet jusqu'à épuisement, puis repris par l'eau bouillante qui enlève les tannins ayant échappé à l'action de l'acétone, 5g de matière donnent comme *quantités totales de tannin :*

Matière.	*S. confusa.*	*S. torminalis,*	*S. aria.*
Bois de 20 ans	1g,135	0g,738	0g,695
Bois de 1 an	0,053	0,037	0,038
Écorce de 1 an	0,502	0,450	0,461

Pétiole. — La *coupe caractéristique* présente toujours un arc sclérolibéro-ligneux en croissant, à branches légèrement incurvées vers le centre et au-dessus desquelles se trouvent, de chaque côté, *deux petits faisceaux* libéro-ligneux entourés de selérenchyme.

Limbe. — Le mésophylle comprend deux palissades et deux assises de parenchyme lacuneux. Les nervures secondaires renferment un faisceau libéro-ligneux en croissant entouré complètement d'une gaine sclérenchymateuse plus épaisse sur la face dorsale. L'endoderme, bien régulier, est contigu sur la face dorsale à du parenchyme à éléments arrondis, passant à du parenchyme légèrement écrasé, limité par un hypoderme collenchymateux, et, sur la face ventrale, à un petit îlot de collenchyme. La pilosité de l'épiderme inférieur, comme celle du pétiole, est intermédiaire entre celle des parents; les cellules épidermiques ont des bords moins sinueux que dans *Sorbus torminalis*, mais plus sinueux que dans *Sorbus aria*.

Le Sorbus latifolia *Pers.* (*Alisier de Fontainebleau*) *présente exactement la même structure que le* Sorbus confusa *Gremli, en particulier la même structure si caractéristique du liber âgé, de l'extrémité distale du pétiole, de l'épiderme des feuilles; ce qui permet de penser que l'hybride stérile a pu établir un équilibre chromosomien ayant permis la formation de gamètes viables. L'Alisier de Fontainebleau, fertile, à graines parfaitement embryonnées, serait donc un hybride fixé.*

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la biologie de deux Commelinacées* (Commelina Forskalæi *Vahl et* C. benghalensis *Linn.*). Note [1] de M. **J. Trochain**, présentée par M. L. Mangin.

Le *Commelina Forskalæi* Vahl et le *C. benghalensis* Linn., espèces très voisines, différant surtout par les caractères de déhiscence de la valve dorsale de la capsule, sont très fréquents au Sénégal, où à l'occasion d'une mission botanique, nous avons pu les observer.

Dès le début de la saison des pluies, vers la fin du mois de juin, ces plantes apparaissent dans les *Lougans* (champs) d'Arachides, c'est-à-dire sur sol sablonneux, plus ou moins argileux, d'origine éolienne, sur le *Dior* des Woloffs. D'abord dressées, elles ne tardent pas à devenir traçantes et leur

---

[1] Séance du 15 février 1932.

allongement, ainsi que leur ramification, qui sont très rapides, se produisent grâce à des bourgeons axillaires protégés par les gaines foliaires.

Des nœuds de la tige partent également de courts pédoncules portant une spathe cucullée d'où s'échappe une jolie fleur bleue, portée par un pédicelle grêle de 1^{cm} de long.

D'autre part ces tiges rampantes émettent des stolons souterrains et des racines adventives. C. B. Clarke (¹) reconnaissait sur ces stolons l'existence de fleurs cléistogames souterraines fertiles.

C'est donc un cas d'amphicarpie, et non de géocarpie comme dans l'Arachide, comparable à ceux bien classiques de *Viola hirta* ou de *Lathyrus amphicarpos*.

L'évolution de ces fleurs présente quelques particularités intéressantes.

Des spathes aériennes il n'émerge qu'une seule fleur à la fois. La première qui apparaît est stérile par avortement du gynécée; elle se dessèche bientôt et il ne reste plus que le pédicelle. Elle est remplacée par une fleur hermaphrodite portée par un autre pédicelle individualisé, plus court que le précédent. Si l'on ouvre la spathe, on s'aperçoit alors qu'elle contient une ou deux autres fleurs, non épanouies, portées sur le même axe que la fleur bisexuelle : cet axe est indépendant de celui qui portait la fleur stérile; tous deux sont insérés côte à côte sur le pédoncule, à la base de la spathe. Les boutons floraux sont immergés dans un liquide sucré, très mucilagineux qui remplit toute la cavité de la spathe dans laquelle, après fécondation, se développe une capsule. Fréquemment on y trouve une deuxième capsule, mais celle-ci provient alors de la troisième, ou quatrième fleur cléistogame, car nous n'avons jamais observé l'épanouissement de plus de deux fleurs (l'une stérile et l'autre hermaphrodite) au dehors de la spathe.

Sur les stolons souterrains, étiolés, pourvus de feuilles en écaille, il existe également des spathes, mais de consistance papyracée et ne contenant pas de mucilage, ou seulement très peu. Elles renferment une seule, ou rarement deux fleurs bisexuelles et évidemment cléistogames. Après fécondation on y trouve une ou deux capsules, en tous points identiques à celles formées dans les spathes aériennes.

Ces caractères si particuliers de protection et de dissémination des fruits sont ceux de plantes annuelles dont les graines doivent pouvoir résister d'une année à l'autre a la chaleur et à la sécheresse.

(¹) *Commelinaceæ* in D. C. *Monographiæ phanerogamarum*, 3, 1881, p. 115-324; 8 planches.

L'anatomie des organes végétatifs montre, au contraire, que ces deux Commelinées ont une structure nettement hygrophile.

La tige aérienne a la structure classique de celle des Monocotylédones, avec stomates, endoderme à paroi interne épaissie, péricycle fortement lignifié et faisceaux répartis suivant le type palmier. Chacun d'eux contient une lacune ligneuse, complète dans les segments inférieurs, et avec encore une partie des éléments ligneux plus ou moins désagrégés dans les segments supérieurs. De faux vaisseaux, de grand diamètre, sont ainsi réalisés par un moyen économique.

Ces caractères se retrouvent dans les stolons souterrains, mais le stéréome est absent, ce qui est normal.

Dans la racine on trouve un gros vaisseau de métaxylème réunissant les quatre pointements de bois.

La feuille, loin d'être protégée contre une transpiration abondante, a de grandes cellules épidermiques à parois minces et non cutinisées. Cette structure des organes végétatifs, contrastant avec celle des organes reproducteurs, peut tout d'abord surprendre si l'on songe que ces deux Commelinées croissent dans les sables des zones sahélienne et soudanienne. Mais ces plantes accomplissent leur cycle végétatif durant la saison des pluies : elles reçoivent, en quatre mois au maximum, 300 à 500^{mm} d'eau météorique, et l'état hygrométrique de l'air se maintient durant toute cette période au voisinage de 0,90. Elles vivent donc dans un sol souvent saturé d'eau, ce qui convient à ces plantes à croissance rapide qui ont besoin pour leur développement et pour l'élaboration du liquide sucré qui baigne les fleurs (3 à 4 gouttes par spathe) d'une grande quantité d'eau.

Les graines, au contraire, doivent pouvoir résister durant 8 à 9 mois à la chaleur et à la sécheresse. C'est pourquoi un certain nombre de fruits sont enterrés, protégés par une spathe et que les graines ont un spermoderme épais, lignifié et même, dans le cas de *C. Forskalæi* Vahl, un péricarpe scléreux, indéhiscent, ainsi que je l'ai montré dans une note antérieure [1].

---

(1) J. Trochain, *Sur l'anatomie du fruit de* Commelina Forskalæi *Vahl.* (*Bull. Muséum Paris*, 2e série, 3, VII, 1931, p. 694-697; 3 figures).

PHYSIOLOGIE. — *Un nouveau réflexe acquis (conditionnel) de la vie végétative.* Note de MM. **E. Bachrach** et **G. Morin**, présentée par M. Charles Richet.

Nous nous sommes proposé d'établir chez le jeune chat un réflexe d'acquisition (Ch. Richet, 1895). se traduisant par l'émission des fèces.

L'excitant absolu a été un lavement d'eau tiède; l'excitant conditionnel l'émission d'un son musical de fréquence déterminée (mi de la quatrième octave donné par un tuyau à anche).

Ces deux excitants ont été associés simultanément; l'émission du son coïncidait avec la pénétration de la canule dans le rectum et se prolongeait pendant toute l'administration du lavement.

La quantité de liquide injectée variait, selon l'âge de l'individu, de 20 à 50^{cm^3}.

Sauf quelques cas, assez rares, où la quantité du liquide injectée a été insuffisante, l'opération se terminait toujours par l'entrée presque immédiate de l'animal dans la caisse de sciure et par une évacuation de l'eau accompagnée ou non de matières fécales.

Nos recherches ont porté sur trois sujets : deux mâles et une femelle.

Nos animaux étaient soumis à un régime très voisin de celui des chats d'appartement. L'un d'eux circulait en toute liberté dans le laboratoire voyant beaucoup de personnes étrangères. Les deux autres vivaient dans un local plus restreint, mais donnant sur un quai très bruyant et fréquenté par des personnes autres que les expérimentateurs.

Nos expériences comprenaient deux parties : la *préparation* des animaux qui consistait en l'administration d'un certain nombre de lavements (20 à 28), accompagnés du son indiqué; les *essais* qui ne comportent que l'action du son seul.

Ces derniers ont montré nettement *la possibilité d'établir chez les jeunes chats le réflexe conditionnel de défécation.*

Ce réflexe acquis consiste en ce que l'animal préparé, à l'émission du son seul, évacue des matières fécales lorsque le rectum est plein ou présente des velléités de défécation (entrée dans la caisse, grattage de la sciure) lorsque celui-ci est vide. Le réflexe d'acquisition ainsi obtenu est toutefois fragile, il s'épuise vite.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Au sujet de l'électrophorèse des milieux biologiques.* Note de M. **Pierre Girard** et Mme **L. Guastalla**, présentée par M. Jean Perrin.

Soient des grains colloïdaux dispersés dans une solution aqueuse d'un électrolyte et soumis à l'action d'un champ. La vitesse V de déplacement des grains d'un pôle à l'autre est donnée en centimètres par seconde par l'expression classique

$$V = \frac{\varepsilon H D}{4\pi\eta}, \tag{1}$$

où ε représente la différence de potentiel de la couche double des grains colloïdaux, D le p. i. s. de la solution colloïdale et η sa viscosité.

Une telle relation suppose qu'aucun mouvement du liquide (hydrostatique ou électrosmotique) ne viendra contrarier ou favoriser le déplacement des grains par le champ et qu'au cours de l'expérience la valeur de η restera la même, ce qui implique la fixité du pH du milieu. En somme le milieu de dispersion (solution électrolytique) est envisagé comme étant immobile et sa concentration en ions H^+ et OH^- comme étant fixée.

Or, dans une expérience d'électrophorèse (et nous avons surtout en vue des milieux biologiques comme le sérum ou des milieux de culture bactériologiques), le dispositif expérimental peut généralement se schématiser ainsi : un tube en U est rempli du milieu étudié, essentiellement constitué par des grains colloïdaux en suspension dans une solution conductrice. Chaque branche de ce tube en U est reliée par un diaphragme quelconque [très souvent gel de gélose ou de gélatine (¹) remplissant un tube de verre en forme d'arceau] a une solution de NaCl 3 pour 1000 et entre celle-ci et une solution de $ZnCl^2$ où plonge une électrode de Zn est interposé un autre diaphragme adsorbant. On supprime parfois le relais : solution chlorurée.

Un tel dispositif expérimental, que commandent des nécessités qui se comprennent d'elles-mêmes (impossibilité de plonger directement les électrodes dans le milieu biologique étudié, nécessité d'isoler par l'interposition de diaphragmes ces milieux très instables des solutions précipitantes où

(¹) Un tel gel de gélose commodément stérilisable et qui retient les grains se déplaçant vers un pôle est facilement injectable à l'animal.

plongent les électrodes impolarisables), comporte des conséquences physico-chimiques qu'il faut connaître si l'on veut interpréter correctement le résultat apparent d'une expérience d'électrophorèse.

Osmose électrique. — Tout d'abord au contact de la paroi de verre du tube en U et du liquide conducteur qui le remplit l'existence d'une couche double aura pour conséquence qu'un film liquide d'épaisseur non négligeable glissera sous l'action du champ le long de cette paroi et qu'il pourra entraîner avec lui des grains dans un sens opposé au sens de leur déplacement loin de la paroi. Lorsque la section du tube en U est assez grande la perturbation imputable à ce facteur est petite. Il n'en est pas de même de celle imputable aux diaphragmes interposés qui ont toujours une structure capillaire ou lacunaire (par exemple dans le cas de gels de gélose). Il sera fort rare que le pH du liquide remplissant ces interstices capillaires corresponde exactement au point isoélectrique de la gélose. Il existera donc le plus souvent le long de ces conduits capillaires une autre couche double d'Helmholz, l'une fixe adhérente à la paroi interne des molécules, l'autre mobile, située dans le liquide.

Dans ces conditions des veines liquides glisseront, tirées par le champ à travers l'épaisseur du diaphragme. Ce flux électrosmotique entraînera un déplacement de l'ensemble du liquide soumis à l'électrophorèse avec les grains colloïdaux qui s'y trouvent dispersés. Un tel mouvement de convection pourra masquer complètement l'effet réel d'électrophorèse. Des grains effectivement positifs pourront paraître se déplacer vers l'anode et des grains effectivement négatifs vers la cathode. La relation

$$\varphi = \frac{\varepsilon \mathrm{HSD}}{4\pi\eta}, \qquad \text{(II)}$$

où φ représente le débit électrosmotique et s la section totale des capillaires nous fait tout de suite comprendre comment nous pourrons modifier la valeur de ce débit en faisant varier le pH du gel et de la solution colloïdale (la valeur de ε dépendant de ce pH), et la concentration de ce gel en gélose dont dépend la valeur de s. Nous verrons tout à l'heure que l'avantage d'un faible débit électrosmotique, pour une concentration élevée de la gélose, se paie de l'inconvénient d'une forte polarisation du diaphragme et d'une variation parfois très importante du pH de la solution colloïdale.

Variations du pH *du milieu.* — On pourrait supposer en effet que protégé par l'interposition de diaphragmes contre la diffusion des ions des compartiments anodiques et cathodiques le milieu colloïdal soumis à l'électropho-

rèse conserve son pH initial. Il n'en est rien. Très rapidement dans les deux branches du tube en U on voit apparaître des variations de pH qui, pour des débits de quelques milliampères, peuvent atteindre plusieurs unités. L'observation est très facile si l'on colore par un indicateur de pH la solution colloïdale et les diaphragmes de gélose. Dans des milieux aussi tamponnés, de telles variations du pH impliquent l'apparition de quantités relativement importantes d'acide et de base dont peut seulement rendre compte une hydrolyse, dissociation de l'eau en ses constituants ioniques très notable.

L'hypothèse de la relation (I), à savoir l'invariance de la valeur de ε, ne correspondra généralement pas à la réalité.

Nous ne pouvons pas préciser le mécanisme de cette hydrolyse. Mais l'observation montre le rôle qu'y joue l'obstacle, de nature électrique, opposé par le diaphragme au déplacement des ions vers l'anode et vers la cathode. On comprend en effet que la distribution des charges électriques le long des canaux capillaires qui traversent l'épaisseur du diaphragme (couche double constituée par des ions) et aussi l'apparition aux deux extrémités de ce diaphragme d'une f. e. m. de filtration qu'engendre l'électrosmose puissent s'opposer à ce déplacement et ceci d'autant plus que la section des canaux capillaires sera plus petite et le gel par suite plus concentré. Cet obstacle sera moindre pour les ions H^+ et OH^- très labiles; il pourra devenir important pour d'autres ions (il le sera particulièrement pour de gros anions et de gros cations polyvalents) qui tendront à s'accumuler aux extrémités des conduits capillaires [1] et à diffuser en profondeur.

La dissociation de l'eau en ses constituants H^+ et OH^- apparaîtra corrélativement et les indicateurs colorés montrent en effet l'apparition simultanée de zones acide et alcaline qui s'étendent avec le temps.

On voit qu'ici encore il nous sera possible de réduire de tels processus d'hydrolyse en choisissant convenablement le pH des gels de gélose et la concentration de ces gels.

---

[1] Chanoz (*C. R. Soc. Biol.*, 103, 1930, p. 1121, et 104, 1930, p. 575) a décelé de telles variations de concentration des anions et des cations de la solution électrolytique au voisinage des deux faces du diaphragme après le passage du courant.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur une intervention des conditions électrostatiques dans l'apparition de certains cancers spontanés.* Note de MM. **F. Vlès** et **A. de Coulon**, présentée par M. A. d'Arsonval.

Dans une longue suite de recherches ([1]), l'un de nous a montré que le comportement d'organismes divers peut différer suivant qu'ils sont isolés électrostatiquement ou au contraire mis en connexion avec le sol; l'un des plus importants facteurs intervenant dans ce processus a paru en relation avec la déperdition électrique dans l'atmosphère. Au point de vue de la pathologie expérimentale, nous avons retrouvé à diverses reprises des phénomènes du même type : en particulier ([2]) des Souris goudronnées pour la production de cancers ont présenté, dans l'apparition des tumeurs, des différences statistiques notables, suivant que leurs cages étaient au sol ou isolées. Comme contre-partie, une intervention des mêmes propriétés électriques de l'atmosphère a paru se faire dans une épidémie récente de poliomyélite (F. Vlès, *Bull. Acad. Méd.*, 16 février 1932). L'intervention des conditions électrostatiques peut donc se présenter éventuellement comme un élément important dans le déroulement de certains phénomènes pathologiques.

En présence de ces données nous nous sommes demandé si l'on ne pouvait pas mettre en jeu des facteurs du même ordre pour modifier l'apparition de cancers spontanés.

Dispositifs. — Un certain nombre de lots de Souris, provenant d'un élevage suivi depuis 8 ans, particulièrement sain et dans lequel l'apparition de cancers spontanés a été tout à fait négligeable, ont été installés sur des supports en bois paraffiné suspendus au plafond et d'un isolement électrostatique suffisant, analogues à ceux qui ont été décrits antérieurement pour les plantes; sur ces supports isolés, des cages en

([1]) F. Vlès, *Recherches sur le comportement d'organismes dans certaines conditions de connexion électrique avec le sol; introduction à l'étude biologique de la déperdition atmosphérique* (*Arch. Phys. biol.*, 8, III-IV, 1930, p. 182-281); *Documents pour servir à l'étude du rôle des facteurs électriques dans l'évolution des embryons d'Oursin* (*Bull. Inst. océan. Monaco*, 586, 1931, p. 1-28).

([2]) F. Vlès et A. de Coulon, *Observations sur les différences de réceptivité pour certains cancers, en parallèle avec la connexion des organismes au sol* (*Arch. Phys. biol.*, 8, III-IV, 1930, p. 282-285); F. Vlès, A. de Coulon, A. Ugo, *Sur les facteurs de l'évolution des cancers de goudron chez la Souris* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 893-896).

bois paraffiné possédaient, par paire, des fonds de même nature (plaques de métal : zinc, cuivre, plomb; plaques de charbon de cornue); de chaque paire de deux cages, l'une restait isolée, tandis que l'autre était reliée à une prise de terre (soit directement, soit en série avec des accumulateurs [1] maintenus eux-mêmes sur support isolé). Il y a eu ainsi cinq dispositifs suspendus représentant 130 cages, contenant exclusivement des animaux normaux; ceux-ci étaient au début de 12 par cage, et on les y a laissé proliférer librement. 28 cages au sol ont ainsi été mises en train au mois de février 1931, 24 cages isolées en mars, 18 cages au sol avec accumulateurs vers le mois d'avril, et 60 cages au sol de supplément au mois de novembre. Des mesures de déperdition électrique atmosphérique ont été relevées parallèlement, à l'ionomètre, à côté des cages [2].

Résultats. — Depuis le début de l'année 1931, un nombre anormalement grand de cancers ont apparu dans certains de ces différents lots; c'est ce que montre le tableau ci-dessous.

Date de mise en train des lots.	Nombre de cages.	Nombre de Souris dans les lots.	Cancers apparus en 1931-1932.	Pour 100.	Répartition des cas.
		Lots au sol.			
Février 1931	28	700	26	3,9	A.
Avril (avec accus)....	18				
Novembre...........	60	600	0	0	–
		Lots isolés.			
Mars................	24	600	2	–	B.
		Reste de l'élevage sain.			
De janvier 1931 à janvier 1932..........	–	10000 env.	1	0,01	–

Répartition des cas. — A : mars, 1; avril, 3; mai, 1; juin, 3; juillet, 2; août, 0; septembre, 3; octobre, 0; novembre, 6; décembre, 2; janvier, 4; février, 1. — B : septembre, 2.

Ces divers cancers ont été constatés par biopsies (effectuées par M. Nicod); ils se répartissent en 4 sarcomes, dont 1 chez un mâle, et 24 tumeurs épithéliales (dont 2 discutées) des glandes mammaires ou de la vulve chez des

(1) Réalisant des différences de potentiel déterminées (de 0 à + 2 volts) entre la cage et la terre.

(2) Au coursde l'année, la déperdition au voisinage des cages (Lausanne) a été la plus importante pendant la période janvier-fin juillet (maxima vers juin, λ de l'ordre de 1 à $0,5.10^{-4}$) et très faible pendant août-décembre (minima en octobre, λ de l'ordre de 1 à 2.10^{-5}), pour remonter vers janvier.

femelles. 26 des cas se sont montrés, échelonnés au cours des 12 mois, dans les cages au sol de février (16 cas) et dans le groupe d'avril avec accumulateurs (10 cas) (1); 2 se sont montrés presque simultanément en septembre, dans les lots isolés de mars; le dernier groupe n'a encore rien montré.

On voit donc que les conditions électriques réalisées par la mise au sol des premiers lots paraissent avoir eu un effet considérable : *il semblerait que les conditions réalisées dans la misè au sol de leurs cages aient eu une action fortement adjuvante sur l'apparition des cancers des Souris de notre élevage*,

Il serait encore prématuré de tenter une interprétation du mécanisme de cette action, qui s'apparente vraisemblablement aux processus généraux signalés dans nos recherches antérieures du même type; il est difficile de dire pour le moment si elle intervient en modifiant, dans le sens d'une sensibilité augmentée vis-à-vis du processus cancérigène, les propriétés des organismes qui lui sont soumis, ou bien si elle joue en facilitant la transmission d'un virus hypothétique.

Phénomènes de réversibilité. — D'autre part il a été observé un phénomène extrêmement curieux, qu'il faut pour le moment signaler sans en tirer aucune conclusion : six des Souris rendues ainsi cancéreuses et ayant présenté des tumeurs *vérifiées par biopsie* ont été prélevées et mises dans des bocaux sur des supports cette fois isolés électrostatiquement (2) ; or ces Souris ont présenté des régressions spontanées de leurs tumeurs; cinq ont fait totalement disparaître celles-ci en moins de six semaines; il y a eu, après la disparition, des survies ayant pu atteindre plusieurs mois; la sixième Souris n'a encore présenté qu'un état stationnaire de la tumeur qui persiste depuis deux mois. Rappelons que des cas de guérison naturelle du cancer spontané de la Souris ont été signalés par les auteurs (Woglom), mais dans des proportions extrêmement petites (13 régressions spontanées pour 2000 cancers, soit 0,6 pour 100).

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

E. P.

(1) Avec un minimum en septembre-octobre. en période de déperdition minima.
(2) 1 en août, 1 en novembre, 3 en janvier (petites déperditions).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 FÉVRIER 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Nous venons de nouveau d'être cruellement éprouvés. Comme si la mort voulait se venger du défi que je paraissais lui avoir porté, en souhaitant qu'aucun deuil ne vienne vous atteindre pendant cette année, elle frappe sur notre Compagnie à coups redoublés. Nous sommes à peine revenus des obsèques de notre regretté confrère, le Général Ferrié, qu'une nouvelle absolument imprévue nous apprend la disparition d'un de nos confrères les plus vénérés, d'un des membres de l'Académie les plus assidus à nos séances, M. **Guillaume Bigourdan**, de notre Section d'Astronomie.

Lundi dernier encore, il était au milieu de nous toujours aussi alerte, toujours aussi vivant, et rien ne pouvait faire prévoir que nous le voyions pour la dernière fois. Il a été frappé subitement, en pleine vigueur, dans la journée d'hier.

Né à Sistels (Tarn-et-Garonne) le 6 avril 1851, il avait suivi, très jeune encore, les cours de l'École d'astronomie de Paris, qui malheureusement a disparu depuis bien des années.

Appelé à l'Observatoire de Toulouse en 1877 par M. Tisserand qui avait apprécié ce jeune étudiant, très travailleur, il y fut chargé des observations à la lunette méridienne et commença dès cette époque des études historiques sur les anciens astronomes et les anciens observatoires, études qu'il a tou-

jours continuées depuis. En 1879 il quittait Toulouse pour venir assister M. Tisserand à l'Observatoire de Paris, dans ses travaux à l'équatorial de la Tour de l'Ouest. Il restait ensuite seul chargé de cet instrument qu'il n'a plus quitté tant qu'il a observé.

Notre confrère s'est surtout, et presque exclusivement, adonné à l'astronomie de position, c'est-à-dire à la détermination précise des coordonnées des corps célestes, étoiles, nébuleuses, comètes, et ses travaux ont eu principalement pour objet de perfectionner les instruments et les méthodes de mesure afin d'obtenir des observations à la fois nombreuses et précises. C'est à la précision surtout qu'il s'est attaché avec une conscience que l'on retrouve dans tout ce qu'il a fait. On lui doit de nombreux travaux sur les étoiles doubles dont il a étudié les couples et les révolutions; sur les nébuleuses surtout, où il a révisé les positions de nébuleuses anciennes, et fixé les positions de nombreuses nébuleuses nouvelles, travail que notre confrère M. Wolff qualifiait de magistral. Enfin, il a fait aussi de nombreux travaux sur les comètes, les a observées avec soin depuis 1880 et en a publié une liste chronologique depuis l'origine jusqu'en 1900.

Comme nous l'avons dit, il s'attachait toujours à perfectionner de plus en plus les instruments et les méthodes de mesure, cherchant surtout à éliminer les erreurs soit accidentelles, soit systématiques qui affectent les observations; plusieurs de ses perfectionnements ont été adoptés à l'étranger. Il a été, de l'avis de tous ses collègues de l'Observatoire, un observateur hors de pair.

L'astronomie de position où il était passé maître lui donnait une compétence toute particulière en ce qui concerne le service de l'heure. Aussi, lorsque Paris fut choisi comme siège du Bureau International, il fut Directeur du service jusqu'en 1928, époque à laquelle à la suite de nouvelles dispositions cette direction passa aux mains du Directeur de l'Observatoire de Paris.

Bigourdan avait pris part à plusieurs expéditions scientifiques.

Dès 1882, étant encore astronome adjoint, il prenait part aux observations du passage de Vénus, à la Martinique.

En 1892, il allait au Sénégal observer l'éclipse totale de Soleil, et déterminait en même temps à Joal, l'intensité de la pesanteur.

En 1900, il se rendait en Espagne et en 1905 en Tunisie, toujours à l'occasion d'éclipses totales de Soleil, il en publiait les résultats dans une notice de l'*Annuaire* du Bureau des Longitudes.

Ses travaux lui avaient valu à plusieurs reprises des récompenses de notre

Compagnie, et en 1904 il devenait notre confrère dans la Section d'Astronomie, succédant au regretté Callandreau. Élu Vice-Président en 1923, il présidait nos séances durant l'année 1924.

J'ajoute que le Bureau des Longitudes l'avait élu et présenté au Ministre de l'Instruction publique comme Membre titulaire en 1903.

Malgré les occupations nombreuses que lui donnaient ses fonctions de Directeur de Service de l'Heure jusqu'en 1928, notre Confrère consacrait depuis une vingtaine d'années une grande partie de son infatigable activité à la publication de remarquables notices dans l'*Annuaire* du Bureau des Longitudes.

Ces notices très intéressantes touchent à des questions très diverses, mais surtout à ses études favorites, le calendrier, l'heure, la météorologie, la sismologie.

Toutefois il n'abandonnait pas les questions purement astronomiques et c'est ainsi qu'en 1908 il donnait un travail sur les distances des astres et particulièrement des étoiles fixes et en 1909 une notice sur les étoiles variables. Enfin, il avait entrepris depuis 1928, toujours dans l'*Annuaire*, la publication d'une très complète étude historique sur le Bureau des Longitudes depuis sa fondation jusqu'à nos jours; et comme jusqu'en 1854 le Bureau a effectivement dirigé l'Observatoire de Paris, cet historique du Bureau des Longitudes est en quelque sorte aussi l'histoire de l'Observatoire pendant la première moitié du XIXe siècle. Ce travail considérable devait s'étendre sur plusieurs années; commencé dans l'*Annuaire* de 1928, il était continué les années suivantes; la quatrième partie, parue tout récemment en janvier 1932, porte la mention « à suivre »; hélas la mort, comme cela arrive trop souvent, vient d'interrompre son travail.

Bigourdan, comme nous venons de le voir, en outre d'un remarquable observateur, était aussi un savant érudit, je dirai presque un Bénédictin de l'Astronomie. Il s'intéressait à toutes les sciences qui de près ou de loin s'y rapportent, apportant à tous ses travaux une conscience qui lui faisait pousser ses recherches aussi loin que cela était possible.

J'en donnerai comme exemple la notice qu'il faisait paraître en 1914 sur le jour et ses divisions, le système des fuseaux et l'Association Internationale de l'Heure. Sous ce titre qui paraît surtout se rapporter à l'époque présente, il passe en revue tout le problème de la division et de l'origine du jour depuis l'antiquité la plus reculée, chez les Babyloniens, les Égyptiens, les Indous, les Hébreux, les Perses, les Grecs, les Romains; il examine et discute les instruments et les méthodes employés, ne passant qu'ensuite

aux modernes, aux temps actuels, au système des fuseaux et aux lois qui l'ont établi et imposé.

Il traitait de la même façon, avec autant de conscience que de savoir, toutes les questions qu'il abordait. Sa grande érudition se retrouvait partout, de telle sorte que l'ensemble de ses publications fournit, en même temps qu'une remarquable série d'études spéciales, une large contribution à l'histoire de l'Astronomie.

Ses lieux de prédilection étaient la Bibliothèque de l'Observatoire et celle de l'Institut; c'est là qu'on le trouvait toujours et qu'il fallait aller le chercher quand on voulait lui parler. Assis à une petite table, il compulsait des manuscrits, des notes, souvent aussi de gros volumes, interrompant son travail sans le moindre mouvement d'impatience et se mettant toujours avec une entière bonne grâce à la disposition de son interlocuteur.

Courtois et affable, tout en gardant et défendant nettement et énergiquement sa manière de voir, il était par son bon sens et ses connaissances étendues d'un concours des plus utiles dans toutes les discussions, en particulier dans celles du Bureau des Longitudes, où sa disparition causera, comme ici, un grand vide.

Telle a été sa vie, toute de travail, toute de dévouement à la Science.

Il avait, comme vous le savez, épousé la fille de notre Confrère l'Amiral Mouchez et de leur union étaient nés neuf enfants. Inclinons-nous devant une aussi belle famille.

Je serai, j'en suis certain, votre interprète à tous en envoyant à Madame Bigourdan, à ses enfants et petits-enfants, toutes nos condoléances et l'expression de notre vive sympathie dans le grand malheur qui les frappe.

La séance publique sera levée, en signe de deuil, après l'élection et les présentations inscrites à l'ordre du jour.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau le tome LX (1931) des *Mémoires de l'Académie des Sciences* et annonce qu'il est en distribution au Secrétariat.

LITHOLOGIE. — *La composition des laves orthosiques des volcans du Tibesti.* Note de M. A. LACROIX.

L'étude des matériaux recueillis par M. Tilho [1] dans le massif de l'Emi Koussi avait mis en évidence la présence, dans ce grand volcan, de basaltes et de roches de couleur claire (phonolites, trachytes, rhyolites, ainsi qu'une syénite); quelques échantillons provenant du Nord-Ouest avaient permis de penser à une composition plus compliquée des autres parties du Tibesti.

Les très nombreux documents rapportés par M. Dalloni, permettent la démonstration de l'exactitude de cette hypothèse. Ce géologue a fait voir [2] que, comme au Koussi, dans tout le massif du Tibesti, les éruptions les plus anciennes et aussi les plus récentes sont de nature basaltique ; les éruptions intermédiaires ayant fourni des roches leucocrates. Mais, à l'inverse de ce qui se passe au Koussi, les types trachytiques et phonolitiques sont exceptionnels, les rhyolites jouent d'ordinaire le rôle principal et elles sont de nature variée.

La présente Note a pour objet d'exposer les conclusions de l'étude lithologique d'une partie de cet ensemble, celle qui est constituée par les roches leucocrates orthosiques, les détails minéralogiques et les analyses exécutées par M. Raoult devant être publiés ultérieurement.

Les *rhyolites* constituent des coulées et des dômes, mais elles se présentent aussi à l'état de matériaux pyroclastiques de nature ponceuse, accumulés sous forme de brèches et de tufs blancs, à grain très fin; on trouve encore des blocs d'obsidienne et, plus rarement, de pechstein. De couleur variée, blanches, grises, vertes, bleuâtres, rouges par oxydation, ces roches sont lithoïdes ou vitreuses, avec parfois alternance de lits ou de masses sphérolitiques, à structures très diverses. Le quartz existe assez rarement à l'état primaire en phénocristaux; ces roches rhyolitiques sont donc plus souvent des *rhyolitoïdes* que de véritables rhyolites. Des phénomènes d'autopneumatolyse ayant produit le remplissage, très cristallin et généralement sphérolitique, fedspathique et quartzeux, de lithophyses ont été assez fréquents, mais sans doute moins abondants que dans bien d'autres centres volcaniques similaires. Toutes ces particularités sont

---

(1) A. LACROIX et TILHO, *Comptes rendus*, 169, 1929, p. 402.

(2) M. DALLONI, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 626.

indépendantes des variations chimico-minéralogiques qu'il me reste à considérer.

La plus grande partie de ces roches rhyolitiques sont alcalines et particulièrement hyperalcalines; dans ce dernier cas, le métasilicate ferrosodique est une amphibole bleue du groupe arfvedsonite-riebeckite, plus souvent que l'ægyrine. La teneur en est variable, souvent réduite à quelques unités pour 100 (*comendites*), elle dépasse fréquemment 12,5 pour 100 (*pantellérites*) et même 20 pour 100; dans cette série, j'ai rencontré la continuité des passages entre les termes extrêmes, sur quoi j'ai insisté déjà dans l'étude des laves de l'Afar et de la Corée.

La teneur en alcalis est élevée, et d'ordinaire les proportions de la potasse et de la soude sont peu différentes, mais la soude prédomine d'ordinaire un peu sur la potasse. Dans cette série, se voient des types très siliceux qui sont les plus riches en métasilicates et d'autres, où la teneur en silice s'abaisse suffisamment pour que la roche puisse être considérée comme passant au trachyte.

Les formules magmatiques pour les comendites sont du type I'-I(II).4.1.3'-3(4), et pour le passage au trachyte (Toussidé), I(II).(4)(5).1.(3)(4); pour les pantellérites, I(II)-II.3'-4.1.3, et pour le type passant au trachyte (Emil Koussi), II.4'.1.'4. On voit que, dans tous les cas, les types les moins riches en silice libre sont les plus sodiques.

Tandis qu'en moyenne ces rhyolites sont relativement peu cristallines, dans la collection étudiée se trouvent quelques roches holocristallines (*microgranites*) de même composition minéralogique et chimique que les comendites; il est vraisemblable qu'elles proviennent d'intrusions ou de blocs projetés en même temps que les ponces.

Tout cet ensemble est d'une fraîcheur remarquable, aussi le calcul des analyses met-il en évidence les métasilicates alcalins, contrairement à ce qui a lieu pour le plus grand nombre des phonolites.

Les rhyolites simplement alcalines ne diffèrent des hyperalcalines, au point de vue chimique, que par l'absence, virtuellement aussi bien que matériellement, des métasilicates ferro-alcalins, le nombre de molécules d'alcalis égale celui des molécules d'alumine. A signaler parmi elles une obsidienne du Toussidé riche en fayalite.

En outre de ces rhyolites alcalines, il existe un petit groupe, petit par le nombre d'échantillons recueillis et par sa répartition géographique, de

rhyolites calco-alcalines, caractérisées chimiquement par la présence de chaux feldspathisable et, minéralogiquement, par la dissimulation de l'orthose (facies dellénitique) et par l'abondance des phénocristaux de plagioclases zonés (20 à 46 pour 100 d'anorthite). Une de ces roches, provenant de l'Yebbi Miski, renferme, en outre, des phénocristaux de hornblende brune et surtout de *bronzite*. C'est le seul exemple de pyroxène rhombique rencontré dans les laves du Tibesti. Ces roches sont très vitreuses et comportent même de véritables obsidiennes. Elles sont toutes plus potassiques que sodiques, avec caractère monzonitique. Les paramètres magmatiques sont représentés par la formule générale : I'-I(II).4.1(2)-2.3-'4.

La coexistence au Tibesti de la forme obsidiennique, entièrement vitreuse à caractères extérieurs identiques, de tous ces types de rhyolites fournit l'occasion de souligner une fois de plus l'intérêt des données physiques des verres volcaniques pour leur spécification, sans qu'il soit nécessaire de recourir aux procédés, longs et dispendieux, de l'analyse chimique. Voici en effet les caractéristiques des trois termes principaux de ces obsidiennes rhyolitiques mesurés par M. P. Gaubert :

	Densité.	N (Na).	
Comendite, Toussidé	2,395	1,495	I.4.1.3(4)
Pantellérite, Ganoa	2,420	1,512	II.3(4).1.3
R. *calco-alcaline*, Zoumri	2,52	1,5232	I(II).4(5).2.3

Si l'on excepte une *phonolite* ægyrinique, à texture ocellée, de la région Bardai-Madigué (Bardagna), toutes les phonolites étudiées proviennent du massif de l'Emi Koussi; telles sont les ponces blanches de la caldeira; elles sont accompagnées de petits fragments d'une phonolite ægyrinique riche en microlites automorphes de néphéline; M. Dalloni l'a trouvée en place près d'Yi Erra. M. de Burthe d'Annelet, qui a traversé récemment cette montagne, a recueilli à Tai Tai (3300^m) une phonolite feldspathique pauvre en néphéline et M. Dalloni un autre type (entre Loodé et Daomontou), où la néphéline forme de très petits grains irréguliers, inclus dans les feldspaths comme dans les phonolites du Massif central de la France; cette roche est riche en phénocristaux de hornblende résorbée. Les paramètres de cet ensemble sont de la forme : 1-II.6.1.4:, mais les deuxième et troisième paramètres sont souvent modifiés, par suite de la zéolitisation du feldspathoïde.

C'est encore dans le même massif du Koussi que se rencontrent des *trachytes* à pyroxène, plus sodiques que potassiques, renfermant parfois des phénocristaux d'olivine et d'anorthose à fines macles quadrillées. Leurs

paramètres sont : I(II).5.(I)(2)-2.'3-(3)(4). Il semble que certains de ces trachytes renfermant un peu d'ægyrine ont subi une certaine altération; ils sont peut-être apparentés aux phonolites.

Une *latite* (Yi Erra), plus potassique que sodique, à texture eutaxitique, est riche en sphérolites feldspathiques produits par autopneumatolyse, comme dans le piperno de la Pianura. Ses paramètres sont I (II).'5.2.3'.

Enfin une roche à faciès trachytique du flanc Nord du Koussi, riche en olivine et anorthose, a pour paramètres I(II).4(5).(2)3.(3)(4) : le plagioclase y est dissimulé; c'est un type hétéromorphe de *doréite*.

Toutes les roches qui viennent d'être décrites sont des formes d'épanchement et leur mode de mise en place ne prête à aucune discussion. Il n'en est plus de même pour les types suivants.

J'ai décrit antérieurement une *syénite* amphibolique et micacée quartzifère, trouvée par M. Tilho, à l'état de gros blocs, sur les bords de la caldeira du Koussi. J'avais prié M. de Burthe d'Annelet de chercher à déterminer le mode de gisement de cette roche; les renseignements qu'il m'a fournis, avec de nouveaux échantillons, ne laissent guère de doute sur cette question. Il s'agit d'un dyke, ou d'une intrusion dans les tufs ponceux, décapé par les phénomènes explosifs qui ont contribué à former la caldeira.

Il me semble qu'il faut attribuer la même origine à une roche rencontrée par M. Dalloni, dans les mêmes conditions, sur la crête des falaises de la caldeira du Toussidé; c'est le type pétrographique le plus remarquable du Tibesti. Il présente l'aspect du « rhombenporphyr » du sud de la Norvège. Sur un fond à grain fin, très cristallin, se détachent des cristaux d'anorthose de 3^{cm}, limités par les faces $m(1\bar{1}0)$, $t(110)$, $p(001)$, $a^1(\bar{1}01)$, dont les clivages ont la forme en rhombes bien connue; un cristal isolé, à faces nettes, mesurant 6^{cm} de plus grande dimension, a été recueilli sur le flanc Nord de la montagne. Ces cristaux sont accompagnés de phénocristaux d'olivine, d'apatite et de magnétite. Ils sont enveloppés dans une pâte holocristalline formée de gros microlites d'orthose sodique, maclés suivant la loi de Carlsbad et moulés par de petites plages d'augite et d'une amphibole d'un brûn violacé. La structure est variable; tantôt ces microlites sont rectangulaires et tantôt aplatis, et de grande dimension, avec tendance à la structure foyaïtique. Un échantillon noir, bulleux, de même composition minéralogique, mais moins riche en phénocristaux feldspathiques, est essentiellement constitué par de longues baguettes d'orthose sodique groupées en éventail et colorées par des inclusions de magnétite, minéral

qui jalonne aussi leurs contours. Les paramètres de ces deux roches sont respectivement : I(II).'5.'2.4 et II.'5.1.4; c'est une *microsyénite* alcaline, passant à un type renfermant une quantité notable d'anorthite virtuelle et se rapprochant d'une microlaurvikite α.

Une autre roche, jouant sans doute le même rôle géologique, a été recueillie par M. Dalloni à Modiounga, sur le flanc oriental du Koussi. Elle présente l'aspect extérieur de la microsyénite, mais les phénocristaux de feldspath sont moins grands et leurs clivages n'ont pas la forme en rhombes; ils sont constitués par une andésine (40 pour 100 d'An), bordée d'orthose; quant aux gros microlites feldspathiques ils sont formés non seulement par du feldspath sodo-potassique, mais par de l'andésine zonée; les microlites d'augite sont accompagnés de baguettes de hornblende; il existe une petite quantité de quartz virtuel, aussi l'olivine est-elle réactionnelle. La formule magmatique est 'II.5.2(3).'4. Cette roche est une *micro-akérite*, elle doit être considérée comme une forme intrusive de la doréite hétéromorphe du Koussi, décrite plus haut, mais où le plagioclase est exprimé.

Enfin il me reste à signaler deux roches dont l'origine peut être discutée, mais non précisée exactement : elles doivent être rapportées également au groupe des doréites; l'une a été ramassée en même temps que la microsyénite du Toussidé et à son voisinage, elle a même composition et même structure, avec cette réserve toutefois que les phénocristaux d'anorthose n'ont pas de sections rhombiques et qu'il existe un peu de biotite; les microlites d'augite sont accompagnés de microlites aciculaires de hornblende brune. La seconde roche a été recueillie à Loodé; ses phénocristaux consistent uniquement en olivine et en augite violacée; les microlites feldspatiques sont d'andésine (40 à 20 pour 100 d'Ah), cerclée d'orthose; l'augite et la hornblende microlitiques constituent des baguettes. Cette roche a été récoltée au voisinage de trachytes.

Par comparaison avec des types voisins, mais non identiques, du Mont-Dore, il y a lieu de supposer que ces deux roches n'ont pas été épanchées, qu'elles constituent soit des enclaves homœogènes des roches à orthose qui les accompagnent, soit des filons distincts; la seconde présente un caractère lamprophyrique qui n'est guère douteux.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les hexamétaphosphates.*
Note de M. **Paul Pascal** et Mme **Réchid**.

On sait qu'en chauffant des proportions équimoléculaires de phosphate disodique et d'azotate d'ammonium, on obtient un trimétaphosphate si l'on évite de dépasser 300-350°. L'un de nous [1] a montré qu'en menant rapidement l'opération, de façon à tout terminer en une heure, on régularise les réactions et l'on améliore les rendements, grâce à la suppression des sels parasites, soupçonnés par divers auteurs.

On peut opérer au contraire en chauffant avec une lenteur extrême, de façon à n'atteindre 270-280° qu'au bout de 8 heures environ, pour laisser ensuite plusieurs jours la substance à cette température réduite, afin d'en achever la transformation. Il reste alors une masse saline qui, reprise par l'eau et précipitée lentement par addition d'alcool, fournit un sel nettement cristallisé, totalement différent du trimétaphosphate et des autres polymères auxquels donne lieu la pyrogénation des phosphates monométalliques. L'analyse fournit comme chiffres moyens :

	Trouvé.	Calculé pour $6PO^3Na, 10H^2O$.
P^2O^5 pour 100	53,88	53,77
H^2O »	22,81	22,72

Le sel anhydre fond à 852°, température très différente des chiffres observés pour le sel vitreux de Graham (640°) ou les sels insolubles du type Kurrol (810°) que nous avons caractérisés jadis [2] et qui sont les deux termes de l'évolution bifurquée des phosphates monométalliques. Par refroidissement, le liquide se prend en une masse porcelanique, non hygroscopique, microcristalline et non vitreuse comme le sel de Graham.

L'individualité de ce nouveau métaphosphate est démontrée par l'ensemble des données physico-chimiques qui suivent. Grâce à elles, nous avons le droit de le désigner par anticipation sous le nom d'hexamétaphosphate cristallin normal, en opposition avec l'hexamétaphosphate vitreux complexe de Graham, qui constitue la moyenne partie des produits commerciaux.

Solutions. — Les solutions de l'hexamétaphosphate de sodium cristallin

(1) Pascal, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 35, 1924, p. 1131.
(2) Pascal, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 35, 1924, p. 1119.

sont fortement alcalines. A la concentration N/10, on trouve, par comparaison, les valeurs suivantes du pH :

Hexamétaphosphate cristallin	9,2
Trimétaphosphate	7,2
Hexamétaphosphate vitreux	5,2

L'acide correspondant à notre sel est donc relativement faible.

La cryoscopie, pour des concentrations comprises entre 0,333 et 0,666 pour 100, donne les poids moléculaires apparents ($PO^3Na = 102$) :

Hexamétaphosphate cristallin	102
Trimétaphosphate	95
Hexamétaphosphate vitreux	255

La formule $(PO^3)^6Na^6$ étant admise par anticipation, on voit que l'hexamétaphosphate cristallin est dissocié en six ions, sur les sept disponibles en admettant la stabilité de l'anion complexe.

Conductibilité. — L'influence de la dilution sur la conductibilité équivalente est très nette. En voici la valeur, par comparaison avec d'autres polymétaphosphates, en même temps que l'ordre de grandeur des nombres de transport V pour l'anion complexe.

	λ_{1024}.	λ_{32}.	Δ.	V.
Hexamétaphosphate cristallin	145	83	62	88,4
Trimétaphosphate	117	86	31	70,4
Hexamétaphosphate vitreux	54,2	34	20,2	2 (env.)

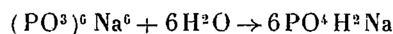
Nous avons donc obtenu un sel d'espèce nouvelle, caractérisé comme hexamétaphosphate véritable, et que nous écrirons $(PO^3)^6Na^6, 10H^2O$, par opposition à l'hexamétaphosphate vitreux ou sel de Graham $[(PO^3)^6Na^4]Na^2$. L'un de nous avait déjà préparé le sel de potassium correspondant, par une voie moins commode.

Influence de la chaleur. — Alors que les autres polymétaphosphates subissent, sous l'effet de la chaleur, des transformations polymériques réversibles ou irréversibles, l'hexamétaphosphate vrai partage avec le monométaphosphate le privilège de pouvoir être chauffé à toute température sans subir la moindre modification. C'est une nouvelle preuve de son individualité propre.

Le sel anhydre, porté plusieurs heures dans la zone d'existence du trimétaphosphate avant ou après fusion, fondu encore et brusquement trempé au mercure, garde la même conductibilité et présente les mêmes abaissements cryoscopiques. Il est donc remarquablement stable. Comme il ne résulte pas non plus du chauffage du trimétaphosphate, on doit considérer sa formation comme due à la prédominance donnée à une évolution particulière du mélange générateur, grâce à la réalisation d'une température trop basse pour que les mêmes matières fournissent le trimétaphosphate.

Les solutions restent stables plus de trois mois à la température ordinaire, sans aucune modification de leur état ionique; mais, par chauffage, on y voit apparaître peu à peu du phosphate monosodique, sans trace d'intermédiaire pyrophosphorique.

En solution diluée, la réaction



$$(PO^3)^6Na^6 + 6H^2O \rightarrow 6PO^4H^2Na$$

est nettement monomoléculaire; la variation du rendement est en effet indépendante de la concentration initiale; tout au plus peut-on dire que la constante de vitesse diminue un peu, au fur et à mesure que le pH baisse par suite de l'hydratation.

Vers 100°, la durée de demi-réaction est 5 heures, contre un peu moins de 40 heures pour le trimétaphosphate et 1 heure 45 minutes pour l'hexamétaphosphate vitreux.

Réactions. — Contrairement à l'hexamétaphosphate vitreux complexe, l'hexamétaphosphate vrai précipite la plupart des ions de métaux lourds, tels que Ba, Mn, Cu en liqueurs diluée; l'ion Zn cependant reste en solution. Avec les sels de plomb, fer, cobalt, cobaltamine, le précipité est soluble à chaud ou dans un excès de sel alcalin et il y a fréquemment production de complexes particulièrement stables. Contrairement enfin à ce que donne l'hexamétaphosphate vitreux, les produits obtenus sont le plus souvent nettement cristallins.

Nous nous proposons d'en faire une étude détaillée, puisque nous disposons maintenant d'un procédé commode pour la préparation des hexamétaphosphates alcalins.

ÉLECTIONS.

M. **Pierre de Vanssay** est élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation par 26 suffrages contre 14 à M. *F. A. Vening Meinesz* et 1 à M. *Odon de Buen;* il y a 1 bulletin blanc.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la *Chaire de Médecine* vacante au Collège de France, pour la première ligne, M. *Charles Nicolle* obtient 39 suffrages contre 5 à M. André Tournade; il y a 2 bulletins nuls. Pour la seconde ligne, M. *André Tournade* obtient 34 suffrages; il y a 1 bulletin blanc et 7 bulletins nuls.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts comprendra :

En première ligne.............. M. **Charles Nicolle.**
En seconde ligne............... M. **André Tournade.**

Dans la formation d'une liste de candidats à la *Chaire de Physique théorique* du Collège de France, pour la première ligne, M. *Léon Brillouin* réunit l'unanimité de 51 suffrages. Pour la seconde ligne, M. *Edmond Bauer* obtient 39 suffrages; il y a 6 bulletins blancs et 1 bulletin nul.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts comprendra :

En première ligne................ M. **Léon Brillouin.**
En seconde ligne................. M. **Edmond Bauer.**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Henri Gadeau de Kerville. *Les vieux arbres de la Normandie. Étude botanico-historique.*

L'**Observatoire national de Bucarest**, l'**American Signal Corps Association** adressent à l'Académie l'expression de leurs sentiments de condoléances à l'occasion du décès du Général *G. Ferrié*.

M. **R. Decary** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ALGÈBRE. — *La structure de la théorie du corps de classes.* Note (1) de M. **Claude Chevalley**, présentée par M. J. Hadamard.

Il y aurait un grand intérêt à avoir des démonstrations purement arithmétiques de la théorie du corps de classes. Nous nous proposons de montrer que ce but serait atteint si l'on pouvait prouver arithmétiquement qu'une classe très particulière de sur-corps abéliens d'un corps donné k sont des corps de classes, à savoir les corps obtenus par adjonction à k d'une racine de l'unité d'ordre premier. En même temps, nous décomposons et systématisons les faits à démontrer, ce qui montrera peut-être plus clairement les rôles des définitions de Weber et de Takagi dans la théorie.

Nous ne nous occuperons ici que du théorème réciproque, le théorème d'existence en étant une conséquence déductible par voie purement arithmétique (2). Nous décomposerons ce théorème réciproque en deux parties que nous désignerons par théorèmes A et B. Ces théorèmes sont les suivants (K désigne un sur-corps abélien de k) :

Théorème A. — *Il existe dans k un groupe* H *d'idéaux jouissant des propriétés suivantes :*

1° *Les idéaux de* H *sont premiers au discriminant relatif de* K.

2° $\mathfrak{p}$ *désignant un idéal premier de k non ramifié dans* K, $\mathfrak{p}^f$ *la plus petite puissance de* $\mathfrak{p}$ *contenue dans* H, $\mathfrak{p}$ *se décompose dans* K *en idéaux de degré relatif f.*

3° *Si* A *désigne le groupe de tous les idéaux de k premiers au discriminant relatif de* K, A/H *est holoédriquement isomorphe au groupe de Galois de* K *par rapport à k.*

---

(1) Séance du 22 février 1932.

(2) Voir par exemple J. Herbrand et C. Chevalley, *Une nouvelle démonstration du théorème d'existence en théorie du corps de classes* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 814).

Théorème B. — 1° *Le groupe* H *est un groupe de congruence au sens de Weber* [1].

2° *Le groupe* H *est identique au groupe* H^* *défini par Takagi, composé de tous les idéaux de* k *qui sont congrus à la norme relative d'un idéal de* K *suivant un module* $\mathfrak{m}_0$ *divisible par les idéaux ramifiés dans* K, *et par ceux-là seuls.*

Le théorème A et l'assertion 1° du théorème B forment un ensemble équivalent à l'assertion suivante : K est corps de classes au sens de Weber. L'assertion 2° du théorème B montre ensuite que K est corps de classes au sens de Takagi, et détermine le groupe H. L'importance de la définition de Takagi du corps de classes provient du fait que l'assertion 2° semble indispensable pour prouver l'assertion 1°.

Le théorème A peut se démontrer simplement par des voies purement arithmétiques en donnant du groupe H une tout autre définition que celle donnée par le théorème B :

Définition. — Appelons groupe de Artin associé à K dans k le groupe des idéaux $\mathfrak{a}$ de k premiers au discriminant $\mathfrak{d}$ de K par rapport à k et tels que le symbole de Artin $K/\mathfrak{a}$ soit égal à 1 [2].

Le groupe H satisfait aux conditions 1°, 2° du théorème A. De plus, le groupe A/H est évidemment isomorphe à un sous-groupe du groupe de Galois de K par rapport à k. Le théorème A sera donc démontré si l'on peut prouver que pour toute substitution σ du groupe de Galois, il existe un idéal $\mathfrak{a}$ de k tel que

$$\left(\frac{K}{\mathfrak{a}}\right)=\sigma.$$

Or, en composant K avec certains corps circulaires par rapport à k, on peut démontrer qu'il suffit, pour qu'il en soit ainsi, de prouver que la proposition est vraie pour un corps circulaire relativement cyclique de degré égal à un nombre de la forme l^k, l étant un nombre premier. Or dans ce

---

[1] Rappelons qu'on appelle groupe de congruence (mod $\mathfrak{m}$), $\mathfrak{m}$ étant un idéal, un groupe d'idéaux premiers à $\mathfrak{m}$ contenant tous les idéaux principaux (x) représentables par un nombre $x\equiv 1 \pmod{\mathfrak{m}}$.

Deux idéaux $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{f}$ sont dits congrus (mod $\mathfrak{m}$), si leur quotient est un idéal principal (α) de la catégorie précédente.

[2] Voir, pour la définition de ce symbole, Hasse, *Berichte über neuere Untersuchungen und Probleme aus der Theorie der Algebraischen Zahlkörper*, Leipzig, 1930, 2e partie, p. 22.

cas, on peut prouver arithmétiquement qu'il y a un idéal premier du sous-corps qui reste premier dans le sur-corps, ce qui achève la démonstration.

Le théorème A est donc démontrable d'une manière purement arithmétique.

Quant au théorème B, supposons d'abord que K soit relativement cyclique par rapport à k, et *supposons le théorème* B *démontré pour les corps circulaires*. Dans ce cas on peut démontrer arithmétiquement que le groupe H de Artin est contenu dans H^*. D'autre part on peut démontrer arithmétiquement (généralisation de la démonstration du théorème réciproque de Takagi) que, pour un choix convenable du module de définition $\mathfrak{m}_0$, H^* est d'indice $\geq n$ dans le groupe des idéaux premiers à $\mathfrak{m}_0$, n désignant le degré relatif de K. On a donc, en vertu du théorème A, $H = H^*$, ce qui démontre le théorème B. On en déduit très facilement le théorème B dans le cas général par induction totale.

En même temps que le théorème B, il est clair que nous démontrons *la loi générale de réciprocité* (¹) *de M. Artin, c'est-à-dire le fait que le symbole* $(K/\mathfrak{a})$ ne dépend que de la classe à laquelle appartient $\mathfrak{a}$ dans la division en classes des idéaux de k définie par le groupe pour lequel K est corps de classes.

Les démonstrations des faits précédents se font toujours en composant le corps K avec des corps circulaires K′ convenablement choisis, et en choisissant dans le corps composé un sous-corps K_1 tels que :

1° Le corps composé KK′ soit circulaire par rapport à K_1 ;

2° On puisse déduire des propriétés de certains idéaux dans l'extension KK'/K_1 des propriétés correspondantes dans l'extension K/k.

Il s'agit donc d'une généralisation des méthodes employées par M. Artin dans son Mémoire (¹), généralisation montrant que non seulement les propriétés de « réciprocité » mais encore celles de « corps de classes » peuvent se transférer d'un corps circulaire à un corps quelconque.

Enfin, signalons que la démonstration du théorème B pour les corps circulaires serait une conséquence immédiate du théorème de la progression arithmétique dans k, ou même du théorème suivant, beaucoup moins fort :

(¹) Voir Artin, *Beweis des allgemeinen Reziprozitätsgesetzes* [*Abhand. aus dem Math. Seminar der Hamburgischen Universität*, 5, 1927, p. 353, ou encore *loc. cit.*, note (²), p. 767].

THÉORÈME. — *Soit q un nombre premier rationnel. Dans chaque classe d'idéaux de k (mod q) il existe un idéal primaire (c'est-à-dire de la forme $\mathfrak{p}^a$, $\mathfrak{p}$ étant un idéal premier).*

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la nature des chocs dans le problème des trois corps à trois degrés de liberté.* Note (1) de M. **D. Belorizky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

On a traité jusqu'ici la question du choc soit dans le cas général du problème des trois corps, soit dans le problème restreint (deux degrés de liberté). Nous étudierons ici le cas où deux des corps décrivent des orbites circulaires; le troisième, dont la masse est négligeable, et dont le mouvement n'est pas nécessairement plan, va se choquer avec l'un des deux corps précédents. Ce cas présente un intérêt particulier, car c'est celui des météorites et des comètes qui peuvent tomber sur la Terre ou sur d'autres planètes, étant donné qu'on peut toujours considérer, au voisinage du choc, le mouvement de la planète comme circulaire.

Pour résoudre ce problème, nous appliquerons la transformation canonique de contact, indiquée par M. Levi-Civita, car, dans ce cas, les équations du mouvement peuvent être présentées sous la forme canonique de Poincaré.

Soient m_0 et m les masses des deux corps P_0 et P. Choisissons les unités de façon que la constante de gravitation f, la somme des masses m_0+m, a distance a de P_0 et P soient toutes égales à l'unité; alors la vitesse angulaire n sera aussi égale à 1. Choisissons des axes animés d'un mouvement de rotation uniforme de vitesse angulaire $n=1$. Soit P le corps sur lequel va tomber la météorite M. Transportons l'origine des axes des coordonnées au point P, l'axe des x ayant la direction opposée à celle du corps P_0, l'axe des y étant dans le plan de l'orbite du corps P. Alors les équations du mouvement du météorite M sont :

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\partial F}{\partial p_x},$$
$$\frac{dp_x}{dt} = -\frac{\partial F}{\partial x},$$
$$\dots\dots\dots\dots,$$

(1) Séance du 22 février 1932.

x, y, z étant les coordonnées de M; p_x, p_y, p_z les composantes de sa vitesse absolue et

$$F = \frac{1}{2}(p_x^2 + p_y^2 + p_z^2) - (xp_y - yp_x) - m_0 p_y - \left(\frac{m}{r} + \frac{m_0}{r_0}\right),$$

r étant la distance MP et r_0 la distance MP_0.

On a évidemment l'intégrale $F = C$, C étant une constante. En effectuant la transformation bien connue

$$\frac{dt}{r} = du \qquad \text{et} \qquad x_i = \overline{\omega}^2 \xi_i - 2\overline{\omega}_i \Sigma \overline{\omega}_i \xi_i; \qquad p_i = \overline{\omega}_i / \overline{\omega}^2$$

(en supposant $x_1 = x$, $x_2 = y$, $x_3 = z$, $p_1 = p_x$, $\ldots$, $\overline{\omega}^2 = \Sigma \overline{\omega}_i^2$, $\xi^2 = \Sigma \xi_i^2$) qui supprime complètement dans les équations du mouvement la singularité due au voisinage du choc ([1]), on a un nouveau système canonique :

$$\frac{d\overline{\omega}_i}{du} = -\frac{\partial F'}{\partial \xi_i}, \qquad \frac{d\xi_i}{du} = \frac{\partial F'}{\partial \overline{\omega}_i} \qquad (i = 1, 2, 3),$$

où $F' = r(F - C)$ et pour chaque solution de ce système des équations différentielles $F' = 0$. En développant F' on trouve

$$F' = -m + \frac{1}{2}\xi - m_0 \xi \overline{\omega}_2 - \xi \overline{\omega}^2 \left[(\xi_1 \overline{\omega}_2 - \xi_2 \overline{\omega}_1) + \frac{m_0}{r_0} + C\right]$$

avec

$$r_0 = \sqrt{1 + \overline{\omega}^4 \xi^2 + 2(\overline{\omega}^2 \xi_1 - 2\overline{\omega}_1 \Sigma \overline{\omega}_i \xi_i)}.$$

En développant $\overline{\omega}_i$ suivant les puissances de ξ_i et suivant celles de u comme le fait M. Kiveliovitch ([2]), on trouve :

$$\overline{\omega}_1 = -\frac{1}{2}\frac{\xi_1}{\xi} u + \frac{a\xi_1}{\xi} u^3 + \left[b \frac{\xi_1}{\xi} + b_1 \left(\frac{\xi_1^2}{\xi} + \xi\right)\right] u^5 + \ldots,$$

$$\overline{\omega}_2 = -\frac{1}{2}\frac{\xi_2}{\xi} u - \frac{m_0}{4} u^2 + \frac{a\xi_2}{\xi} u^3 + cu^4 + \left(b - \frac{m_0}{80}\xi_1\right)\frac{\xi_2}{\xi} u^5 + \ldots,$$

$$\overline{\omega}_3 = -\frac{1}{2}\frac{\xi_3}{\xi} u + \frac{a\xi_3}{\xi} u^3 + \left(b - \frac{m_0}{80}\xi_1\right)\frac{\xi_3}{\xi} u^5 + \ldots,$$

a, b, c étant des constantes qui dépendent de m_0 et C.

Il en résulte que $\overline{\omega}_3 \xi_1 - \overline{\omega}_1 \xi_3 = zp_x - xp_x = Au^5 + Bu^6$, c'est-à-dire que

---

([1]) Levi-Civita, *Sur la régularisation du problème des trois corps* (*Acta mathematica*, 42, 1920, p. 133-136).

([2]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 116-118.

le moment de la vitesse absolue du corps M par rapport à l'axe des y est infiniment petit du cinquième ordre en u, tandis que ses moments par rapport à l'axe des x et à celui des z sont du second ordre. *Si l'on peut négliger les puissances cinquièmes de u*, on trouve *que la vitesse absolue du petit corps et la vitesse du corps* P *se trouvent, en voisinage du choc, dans le même plan.*

Dans le problème général des trois corps, tous les moments sont infiniment petits de second ordre.

Si l'on développe les coordonnées x, y, z du petit corps en voisinage du choc, suivant les puissances de u, on trouve après des réductions assez laborieuses :

$$x = -\frac{1}{4}\xi_1^0 u^2 + \alpha\xi_1^0 u^4 + \beta u^5 + \ldots,$$

$$y = -\frac{1}{4}\xi_2^0 u^2 + \frac{1}{2} m m_0 u^3 + \alpha_1 \xi_2^0 u^4 + \beta_1 u^5 + \ldots,$$

$$z = -\frac{1}{4}\xi_3^0 u^2 + \alpha\xi_3^0 u^4 + \gamma u^6 + \ldots,$$

ξ_1^0, ξ_2^0, ξ_3^0 sont les valeurs de ξ_1, ξ_2, ξ_3 pour $u = 0$ et

$$(\xi_1^0)^2 + (\xi_2^0)^2 + (\xi_3^0)^2 = (\xi^0)^2 = 4m^2,$$

en vertu de l'équation $F' = 0$; α, β, γ sont des constantes qui dépendent de m_0, m, C et ξ_i^0.

Dans le cas du choc proprement dit, il faut prendre $u < 0$ et, dans le cas tout opposé d'une éjection (comme s'il s'agissait d'un volcan) $u > 0$.

On trouve aisément $\xi^0 x - \xi_1^0 z = \beta u^5 + \ldots$.

Si l'on peut négliger les puissances supérieures à u^4, *le mouvement s'effectue dans un plan* dont l'équation est celle ci-dessus (avec $\beta = 0$), Dans ce plan l'orbite est une courbe de sixième degré. Si l'on néglige les puissances supérieures à u^3, on a une courbe de troisième degré et, enfin, en négligeant les puissances supérieures à u^2, on a une droite tangente à la trajectoire du météorite au moment du choc ou au moment de l'éjection. Dans le cas général du problème des trois corps, la courbe est toujours gauche, sauf si l'on néglige les puissances supérieures à la deuxième, hypothèse dans laquelle la trajectoire se confond avec la tangente comme dans notre cas.

ASTRONOMIE. — *Sur la détermination de l'orbite d'après deux lieux héliocentriques.* Note [1] de M. **Thadée Banachiewicz**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Dans la partie directe du problème des orbites (détermination des positions d'après les éléments), les anomalies vraies ne sont que des quantités auxiliaires du calcul logarithmique, superflues dans le calcul arithmométrique. D'autre part, dans le problème inverse, les anomalies vraies continuent à figurer sans changement. Alors se pose la question suivante : comment doit-on fixer la direction du périhélie sans une détermination préalable des positions de l'astre par rapport au périhélie? Ce problème peut être résolu en envisageant l'orientation, par rapport à la directrice, de la corde joignant les deux lieux de l'astre. On arrive par cette voie à des résultats d'une grande simplicité.

En mettant à part le cas particulier et très simple de la parabole, supposons connu, en dehors des deux lieux héliocentriques aux instants donnés, le rapport η secteur : triangle, qu'on a rencontré dans la détermination des distances géocentriques. Nous nous bornerons à donner explicitement les formules relatives au mouvement elliptique; pour l'hyperbole on n'a qu'à changer, dans la formule (1), le signe du second membre, et à prendre partout, au lieu des fonctions *trigonométriques* de $1/2\, g$, g, G et H, les fonctions *hyperboliques* correspondantes des mêmes arguments.

On commencera par calculer $\sin^2 g$ d'après $\sin^2 1/2 g$, et l'on déterminera le demi-grand axe a par la formule

$$a = r\,\frac{2\cos\gamma}{\eta^2}\,\frac{m}{\sin^2 g}. \tag{1}$$

Pour des instants infiniment rapprochés, on aurait $\eta = \cos\gamma = 1$, $\sin^2 g : m = 4 - 2rV^2 : k^2$.

Quelques astronomes recommandent ici la résolution de l'équation de Lambert; nous sommes d'un avis différent. Une fois résolu le problème si difficile de η, il semble inutile de le reprendre sous une autre forme. Il est vrai que, pour appliquer la formule (1), on doit calculer exactement $\sin^2 1/2 g$, quantité petite du second ordre; cela se fait facilement, pourvu

[1] Séance du 15 février 1932.

qu'on emploie des formules appropriées, notamment celles que nous avons indiquées récemment. Une telle concentration, en un seul point bien défini, d'une certaine difficulté numérique inhérente au problème, dispersée en deux endroits différents dans les formules employées ordinairement, nous semble d'ailleurs avantageuse.

Après la détermination de a, on résoudra, par rapport à e et ϖ, les équations ($\cos\beta \geqq 0$) :

$$(2) \qquad e \sin\varpi = \sin\beta, \qquad e\cos\varpi = \cos\beta\cos H$$

où l'on a posé ($\sin H \geqq 0$)

$$\cos H = \left(1 - \frac{r}{a}\right)\sec g;$$

$\sin\varpi$ et $\cos\varpi$ donneront les éléments caractérisant la position de l'orbite [voir une Note antérieure (1)]. On trouvera encore

$$(3) \qquad \sin G = \sin\varpi \sin H, \qquad \cos G = \cos\varpi \sec\beta$$

et l'anomalie moyenne $M = G - e\cos g \sin G$, pour l'époque $t = (t_1 + t_3)/2$. Nous laissons de côté les formules de vérification.

Signalons que les formules (2) et (3) sont valables aussi, avec $\sec g = 1$, dans le cas des observations infiniment rapprochées, c'est-à-dire quand on suppose données les coordonnées et les composantes de la vitesse pour le même instant. Ainsi la solution établie s'applique non seulement à la partie finale de la méthode de Gauss, relative à la détermination des orbites, mais en même temps encore à la partie finale de la méthode de Laplace. Jusqu'ici, on résolvait séparément les deux problèmes correspondants, dont l'un est le cas particulier de l'autre, à l'aide de formules distinctes et plus compliquées, soit dans l'une, soit dans l'autre méthode.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'excitation multiple d'atomes complexes par chocs d'électrons.* Note de M. **L. Goldstein**, présentée par M. M. de Broglie.

On sait qu'un certain nombre de spectres de raies ne peuvent être expliquées qu'en admettant à l'état initial l'existence de plus d'un électron excité. (Termes déplacés des alcalino-terreux et termes analogues d'ions

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 527.

lourds.) Des expériences de chocs d'électrons ont démontré directement l'excitation simultanée de deux électrons ([1]). L'objet de la présente Note est de montrer comment on peut rendre compte en Mécanique quantique de ces excitations multiples par bombardement électronique.

Si l'on tient compte de l'interaction électrostatique des électrons la fonction d'onde de première approximation d'un atome à N électrons est, à l'état fondamental, donné par

$$\Psi_0^1(x_1, \ldots, x_N) = \Psi_0^0(x_1, \ldots, x_N) + \varepsilon \Sigma_j' c_j^0 \Psi_j^0, \tag{1}$$

où Ψ_k^0 désigne une fonction d'onde de zéro approximation et qui a la forme, à l'état k, d'énergie E_k (somme des énergies individuelles des électrons),

$$\Psi_k^0 = \Sigma(-1)^\tau P_\tau \psi_{10}(x_1)\psi_{20}(x_2)\ldots\psi_{\lambda k}(x_L)\ldots\psi_{\nu_0}(x_N), \tag{2}$$

où la λ^e fonction d'onde se trouve dans le k^e état excité. Pour être plus précis on devrait écrire $\Psi_{\lambda k}^0$ pour cette fonction d'onde, de même $\Psi_{\lambda k, \mu l}^0$ pour celles qui contiennent deux fonctions d'ondes excitées et ainsi de suite. On se contentera ici de l'abréviation (1). P_τ est la τ^e permutation des N électrons sur les $\nu = N$ fonctions d'onde individuelles. Les coefficients c_j ou ceux de l'état fondamental c_j^0 sont donnés par

$$c_j^0 = \sum_{\tau, \rho, MN} (-1)^{\tau+\rho} P_\tau P_\rho \frac{\int \overline{\Psi_j^0} \frac{e^2}{r_{MN}} \Psi_0^0 \, d\tau}{E_j - E_0}. \tag{3}$$

Ils sont différents de zéro lorsque $\tau = \rho$ et si deux, au plus, des fonctions d'onde individuelles diffèrent dans Ψ_j^0 de celles de Ψ_0^0, ce sont celles des électrons M et N. A l'état final, où l'on supposera deux électrons excités, la fonction d'onde de première approximation sera

$$\Psi_{kl(f)}^1(x) = \Psi_k^0(x) + \varepsilon \Sigma' c_l^f \Psi_l^0. \tag{1'}$$

On sait que la probabilité (élémentaire) d'un choc électronique faisant passer le système dans cet état est, dans la théorie de Born-Dirac que l'on applique ici, proportionnelle à $|(fP''|V|iP')|^2$, le carré du module de l'élément de matrice de perturbation de l'électron incident, pris sous forme d'une onde plane de de Broglie, ayant les quantités de mouvement P' et P'' (en unités $h/2\pi$) avant et après le processus. Ces éléments de matrice sont

([1]) A. E. Ruark, *J. Opt. Soc. Am.*, 11, 1925, p. 109.

donnés, laissant de côté l'échange de l'électron incident et des électrons atomiques, par

$$(4)\quad (f\mathrm{P}''\,|\,\mathrm{V}\,|\,i\mathrm{P}') = \int \overline{\Psi^{\mathrm{I}}_{k}(x)}\, e^{-i\vec{\mathrm{P}}''\vec{\mathrm{R}}}\, \mathrm{V}\, \Psi^{\mathrm{I}}_{0}(x)\, e^{i\vec{\mathrm{P}}'\vec{\mathrm{R}}}\, d\tau_{\mathrm{R}}\, d\tau = e^2 \sum_{\mathrm{G}} \int e^{i\vec{\mathrm{P}}\vec{\mathrm{R}}} \frac{\overline{\Psi^{\mathrm{I}}_{k}}\Psi^{\mathrm{I}}_{0}}{|\vec{\mathrm{R}} - \vec{r}_{\mathrm{G}}|}\, d\tau_{\mathrm{R}}\, d\tau,$$

$\vec{\mathrm{R}}$ est le rayon vecteur de l'électron incident et $\vec{r}_{\mathrm{G}}$ celui du G^e électron atomique, $\vec{\mathrm{P}} = \vec{\mathrm{P}}' - \vec{\mathrm{P}}''$. A cause de l'orthogonalité des fonctions d'ondes individuelles, il est clair que seules les intégrales relatives aux électrons excités seront différentes de zéro et qu'il faut examiner de près.

Le produit $\overline{\Psi^{\mathrm{I}}_{k}}\Psi^{\mathrm{I}}_{0}$ est de la forme suivante au premier ordre :

$$\overline{\Psi^{\mathrm{I}}_{k}}\Psi^{\mathrm{I}}_{0} \sim \overline{\Psi^{0}_{k}}\Psi^{0}_{0} + \varepsilon \Sigma' c^{0}_{l} \overline{\Psi^{0}_{k(f)}}\Psi^{0}_{l} + \varepsilon \Sigma' \overline{c^{k}_{j}}\, \overline{\Psi^{0}_{j,k}}\Psi^{0}_{0}.$$

On voit alors que le terme d'ordre zéro ne contribue en rien à la formation de l'élément de matrice cherché. Donc la probabilité d'excitation simultanée de plusieurs électrons est d'ordre inférieur à celle d'un seul électron, comme on devait s'y attendre. Les termes du premier ordre (en ε) sont explicitement

$$(5)\quad \sum_{e}{}' c^{0}_{e} \overline{\Psi^{0}_{k(f)}} \Psi^{0}_{l,0} = \sum{}' c^{0}_{l} \sum_{\alpha\beta}{}' (-1)^{\alpha+\beta} \mathrm{P}_{\alpha} \mathrm{P}_{\beta} [\overline{\psi_{10}}(x_1) \ldots \overline{\psi_{\lambda k}}(x_{\mathrm{F}}) \overline{\psi_{\mu m}}(x_{\mathrm{G}}) \ldots \overline{\psi_{\nu 0}}(x_{\mathrm{N}})]$$
$$\times [\psi_{10}(x_1) \ldots \psi_{\chi l}(x_{\mathrm{D}}) \ldots \psi_{\nu 0}(x_{\mathrm{N}})].$$

Dans le terme écrit de la série précédente on a supposé que les $\lambda^{\text{ième}}$ et $\mu^{\text{ième}}$ fonctions d'onde sont excitées dans $\Psi^{0}_{k(f)}$ pour fixer l'état final en question de l'atome. La permutation est celle qui attribue dans $\Psi^{0}_{k(f)}$ x_{F} à ψ_{λ} et x_{G} à ψ_{μ}. Dans $\Psi^{0}_{l,0}$ on suppose que c'est la $\chi^{\text{ième}}$ fonction d'onde qui est excitée dans l'état f donnant l'état l de l'atome avec la permutation qui lui affecte les coordonnées x_{D}.

Remplaçant ces produits dans (4) on obtient

$$(6)\quad (f\mathrm{P}''\,|\,\mathrm{V}\,|\,i\mathrm{P}') = e^2 \sum_{\tau,l}{}' (-1)^{\tau} \mathrm{P}_{\tau} c^{0}_{l} \int e^{i\vec{\mathrm{P}}\vec{\mathrm{R}}} \frac{\overline{\psi_{\lambda k}(x_{\mathrm{F}})}\,\overline{\psi_{\mu k}(x_{\mathrm{G}})}\,\psi_{\lambda l}(x_{\mathrm{F}})\,\psi_{\mu k}(x_{\mathrm{G}})}{|\vec{\mathrm{R}} - \vec{r}_{\mathrm{F}}|}\, d\tau_{\mathrm{R}}\, d\tau$$
$$+ e^2 \sum_{\rho,j}{}' (-1)^{\rho} \mathrm{P}_{\rho} \overline{c^{(k)}_{j}} \int e^{i\vec{\mathrm{P}}\vec{\mathrm{R}}} \frac{\overline{\psi_{\varepsilon j}}(x\ \ )\,\overline{\psi_{\delta 0}}(x_{\mathrm{G}})\,\psi_{\varepsilon 0}(x_{\mathrm{F}})\,\psi_{\delta 0}(x_{\mathrm{G}})}{|\vec{\mathrm{R}} - \vec{r}_{\mathrm{F}}|}\, d\tau_{\mathrm{R}}\, d\tau + \text{termes en } \frac{1}{|\vec{\mathrm{R}} - \vec{r}_{\mathrm{G}}|}.$$

Ceci s'écrit encore, les fonctions d'onde étant normalisées à l'unité,

$$(7)\quad \int e^{i\vec{\mathrm{P}}\vec{\mathrm{R}}} \frac{\overline{\psi_{\lambda k}(x_{\mathrm{F}})}\,\psi_{\lambda l}(x_{\mathrm{F}})}{|\vec{\mathrm{R}} - \vec{r}_{\mathrm{F}}|}\, d\tau_{\mathrm{R}}\, d\tau_{\mathrm{F}} = (k\mathrm{P}''\,|\,\mathrm{V}\,|\,l\mathrm{P}'),$$

qui n'est autre que l'élément de matrice de perturbation relatif à l'unique électron F pour la transition $l \rightarrow k$, donc vers l'état avec lequel il figure dans l'état final de l'atome. Par conséquent, l'élément de matrice de perturbation relatif au processus complet de l'excitation simultanée de deux électrons, entre les deux états envisagés, sera au premier ordre

$$(8)\quad (f\,\mathrm{P}''|\mathrm{V}|i\,\mathrm{P}') = \varepsilon . e^2 \Big[\sum_{\tau, l}{}' (-1)^{\tau} \mathrm{P}_{\tau} c_l^0 (k\,\mathrm{P}''|\mathrm{V}|l\,\mathrm{P}') + \sum_{\rho, j} (-1)^{\rho} \mathrm{P}_{\rho} \overline{c_j^{(k)}} (j\,\mathrm{P}''|\mathrm{V}|o\,\mathrm{P}') + \text{termes analogues pour l'électron G} \Big]$$

qui n'est autre chose qu'un ensemble de séries d'éléments de matrices de perturbation *individuels* correspondant à des transitions d'un seul électron : *a*. depuis tous ses états excités vers l'état final particulier qui figure dans l'état final de l'atome, résultat du processus complet; *b*. depuis l'état initial vers tous les états excités et ceci pour chacun des deux électrons excités.

La probabilité élémentaire cherchée est proportionnelle à $|(f\,\mathrm{P}''|\mathrm{V}|i\,\mathrm{P}')|^2$ et l'on voit qu'elle est, rapportée à la probabilité de l'excitation d'un seul électron, tout au plus de l'ordre de $|c_k|^2$ (au cas de $\varepsilon = 1$), donc beaucoup plus petite que celle-ci, vu que les coefficients de développement c sont, en général, $\ll 1$. Les séries en (8) sont majorées par les séries de fonctions d'ondes non perturbées, elles convergent plus vite que celles-ci. On voit sur (8) que le processus est d'autant plus probable que : 1° les états individuels des électrons sur lesquels il s'appuie sont plus rapprochés (perturbation mutuelle des niveaux grande, dont les c sont aussi grands), et 2° les probabilités de transitions individuelles entre ces états sont grandes. L'échange entre l'électron incident et les électrons atomiques compléterait quantitativement la valeur de la probabilité du processus. En outre, il est aisé de voir que les perturbations autres qu'électrostatiques (spin-orbite, spin-spin) des électrons ne contribuent qu'avec des termes d'ordre supérieurs à ceux calculés et, par conséquent, elles ne changent pas les résultats qualifitatifs obtenus. L'excitation simultanée par choc d'électron de plus de *deux* électrons se traite de la même façon mais elle ne présente pas d'intérêt pratique, on n'en a pas observé, à nos connaissances, expérimentalement.

MÉTROLOGIE. — *Dispositif électrodynamique pour la mesure des petites inductances mutuelles. Application à l'examen des micromètres.* Note de M. **A. Guillet**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons déjà comparé de diverses manières de petites inductances mutuelles, mais comme, en Métrologie, cette opération doit être répétée fréquemment, nous nous sommes proposé de la rendre aussi simple et aussi expéditive que possible, non seulement en utilisant comme courant inducteur le courant alternatif, mais encore en évitant l'emploi d'organes auxiliaires tels que détecteurs à contact ou à triode, trieurs et redresseurs mécaniques. Il est alors nécessaire de disposer d'un récepteur dans lequel le couple appliqué à l'équipage mobile conserve un sens constant quelle que soit l'alternance active. On est ainsi conduit à un montage de nature électrodynamique comportant soit deux, soit trois circuits.

Le récepteur construit en vue de satisfaire à ces conditions se compose d'une bobine creuse B de rayon intérieur R, couverte de douze couches d'un fil de diamètre d (1^{mm} environ), réparties en trois circuits que l'on peut utiliser séparément, ou diversement groupés. Dans le plan de la section centrale et suivant un même diamètre que l'on rend vertical, on a ménagé à travers l'enroulement deux petites ouvertures cylindriques dont on verra plus loin le rôle. L'équipage mobile g disposé dans la région centrale de la bobine B est constitué par une ou plusieurs galettes planes, d'épaisseur égale au diamètre d' du fil qui sert à leur enroulement. Les spires de chaque galette sont jointives et leur rayon croît progressivement de R_0 à R. Le disque formé par les galettes associées est monté dans un cadre long et étroit continué par deux petites tiges rigides a et b qui s'engagent respectivement dans les ouvertures mentionnées plus haut. A la tige a est fixé le fil de torsion qui soutient l'équipage et à b le fil d'amener du courant ainsi que les bras qui portent les deux pistons d'un amortisseur à air. Ces pistons, ainsi que les corps de pompe fixes dans lesquels ils se meuvent, sont des portions de deux tores dont les axes coïncident avec le fil de suspension.

A l'instant où la bobine et l'équipage sont respectivement excités par des courants I et i, le moment des actions *elmg* appliquées à chaque galette est évidemment :

$$M_g = \frac{4}{3}\pi^2 n_1(1-\varepsilon)\, n'_1 (R^3 - R_0^3)\, I.i = A.I.i.$$

avec $n'd' = 1$ et $nd = 1$. Le moment d'inertie I_g a d'autre part pour valeur

$$I_g = \frac{\pi^2}{16}\rho d'(R^4 - R_0^4)$$

et pour une masse de fil $m' \leqq \pi^2/4\rho d' R^2$, ρ masse spécifique du cuivre.

Il est à remarquer que dans le cas de l'équipage à enroulement cylindrique et dans les conditions les plus avantageuses, on aurait

$$M_b = \frac{4\sqrt{3}}{3} M_g, \qquad I_b = \frac{64\sqrt{2}}{27} I_g, \qquad m_b = \frac{4\sqrt{2}}{3} m'_g.$$

A égalité de moment d'inertie on a donc un moment d'orientation plus grand dans le cas de l'enroulement en galette.

Dans le montage à deux circuits la bobine B est en série avec le circuit inducteur et l'équipage en série avec le circuit induit, on a alors

$$M_g = A I_0 i_0 \cos\varphi,$$

I_0 et i_0 étant les amplitudes, faciles à calculer, des courants inducteur et induit et φ la différence de phase de ces courants qui dépend seulement de la fréquence du courant alternatif employé, de l'inductance propre et de la résistance du circuit induit.

Dans le montage à trois circuits, la tension alternative est directement appliquée à la bobine B d'une part et à l'inducteur d'autre part.

Pour épreuve, appliquons cette technique à l'examen d'un micromètre quelconque monté au préalable sur un support à la cardan et à couteaux que l'on peut suspendre au fléau de la balance déjà décrite [1] et déplacer le long de ce fléau. Lorsqu'on fait tourner le fléau, les divisions, orientées horizontalement, se meuvent dans un plan vertical sur lequel un microscope muni d'un réticule horizontal est au point. A l'aide de la vis qui commande la rotation du fléau, on amène successivement les divisions du micromètre en coïncidence avec le réticule qui est fixe, et si l'opérateur tient à ne pas se déranger, il lit à chaque coïncidence les déviations correspondantes de l'équipage g par la méthode de Gauss.

Exemple. — Étude d'un micromètre divisé en dixièmes de millimètre sur une longueur de 1^{mm}, suspendu à l'extrémité du fléau (sensibilité la plus réduite). Emploi du secteur d'éclairage avec $E = 108$ volts, $I = 0,6$ ampère. Opérant à divers moments, toujours et pour les deux sens de par-

---

[1] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 67.

cours, la course totale du spot sur la règle est restée comprise entre 699 et $698^{mm},5$; les erreurs de pointés des divisions du micromètre pour une bonne mise au point se sont rarement traduites par un déplacement de 2^{mm} du spot. Cette manipulation comportant 21 pointés dure environ 5 minutes. S'il est utile de rendre la lecture trois fois plus grande par exemple, sans modification des facteurs électriques, la suspension du micromètre est amenée 3 fois plus près de l'axe du fléau. Avec le montage à trois circuits, les autres conditions étant les mêmes, la sensibilité est environ six fois plus grande qu'avec le montage à deux circuits. Constatations analogues dans l'examen d'un micromètre divisé en centièmes de millimètre.

Il serait préférable d'utiliser un alternateur indépendant afin d'éviter les effets des variations de fréquence et surtout de tension, survenant par à-coups, que subit assez souvent le courant alternatif distribué par le secteur d'éclairage.

MAGNÉTISME. — *Vérifications de la loi de répartition discontinue des points de Curie.* Note de M. **R. Forrer**, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai proposé (¹) une loi thermique discontinue des points de Curie :

$$\Theta = T_1\sqrt{N},$$

où N est le nombre de contacts des *n* orbites électroniques extérieures d'un atome ferromagnétique avec celles des voisins et T_1 le point de Curie correspondant à $N=1$. Du point de Curie du fer ($\Theta = 796°$C.) avec $N=12$ résulte $T_1 = 301$.

On peut chercher des vérifications dans la possibilité de réaliser les nombres de contacts ainsi calculés au moyen des propriétés des réseaux. Prenons comme premier exemple la pyrrhotine FeS et MnSb. Leurs Θ sont situés à 320 et 325°C. On calcule pour ces substances, avec $T_1 = 301$, $N = 3,88$ et $N = 3,95$. J'attribue donc à ces deux substances quatre contacts. Leur réseau est hexagonal du type de NiAs. Les atomes de fer ou de manganèse sont situés dans des chaînes linéaires parallèles à l'axe sénaire avec la distance de 2,89 Å dans les deux cas. Une orbite placée de façon que son plan contienne l'axe sénaire du cristal ne donne que deux contacts avec

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 697.

les deux voisins, deux orbites en donneront $N = 4$. La structure cristalline est donc aisément compatible avec le nombre calculé 4. Elle donne en outre le nombre des orbites participantes ($n = 2$) et le nombre de contacts de chaque orbite ($p = 2$). Le multiplet magnétique supposé parallèle au multiplet d'orientation sera donc un doublet dont la résultante est dans le plan $\perp$ à l'axe sénaire. Ce plan est effectivement celui de facile aimantation de la pyrrothine [1].

Dans Fe^4N les atomes de fer forment un cube à faces centrées avec un atome de N au centre d'une maille. En laissant à un atome de fer qui est entièrement entouré de fer son triplet habituel avec $N = 12$ et en supprimant les deux orbites des trois autres atomes de fer qui contiendraient dans leurs plans l'atome de N, on trouve comme nombre moyen de contacts pour le fer $(12 + 3 \times 4)/4 = 6$. Le calcul à partir de (480° C.) donne ${}^{301}N = 6{,}26$. On peut en conclure que le voisinage d'un atome d'azote modifie profondément l'étage extérieur du fer ($n = 1$ au lieu de $n = 3$).

On peut attribuer une structure identique au réseau électronique d'orientation de $MnNi^3$ avec $\Theta = 470°$ C., donc ${}^{301}N = 6{,}10$.

Des nombres fractionnaires pour N sont possibles dans le cas où les atomes de fer ne sont pas équivalents. Dans la cémentite (Fe^3C) par exemple 2 atomes de Fe ont la même distance d'un atome commun de Fe. En leur attribuant des orbites doubles comme dans la pyrrhotine, l'atome commun aura 4 contacts, les deux autres chacun 2 contacts, on aura donc, en moyenne $(4 + 2 + 2)/3 = 8/3$ contacts par atome, conformément à l'expérience ($\Theta = 220°$ C., ${}^{301}N = 2{,}68$).

J'admets qu'à la température Θ l'agitation thermique a rompu l'ensemble de contacts efficaces. Cette rupture suggère un mécanisme pour la variation thermique de l'aimantation spontanée. On peut distinguer à une température donnée entre des atomes ferromagnétiques, c'est-à-dire dont le moment est orienté en vertu des contacts efficaces, et des atomes paramagnétiques, dont le moment est libre, parce que tous leurs contacts sont rompus. La probabilité pour qu'un certain nombre d'atomes ne possèdent plus aucun contact déterminera la fraction paramagnétique de la substance.

Une autre catégorie de vérifications est possible pour les corps avec différents points de Curie paramagnétiques Θ_p. Celui du fer δ ($\Theta_p = 1230°$ C.) donnerait avec un point de Curie ferromagnétique associé, situé à 1201° C. (${}^{301}N = 24$) une différence de la grandeur habituelle (15° à 40°).

---

(1) Pierre Weiss, *J. de Phys.*, 1, 1911, p. 971.

Le rapport simple $24/12 = 2/1$ des nombres de contacts du fer δ et α peut être considéré comme une intéressante confirmation de la loi proposée.

J'ai remarqué que les points de Curie (Θ_l) des alliages ferromagnétiques à la limite de la solution solide se trouvent le plus souvent aussi au voisinage immédiat d'une température correspondant à un nombre entier de contacts. Je cite comme exemples : Fe-Si, $\Theta_l = 450°$C.; $N = 6$ pour $T_1 = 295$. Co-Al, $\Theta_l = 780°$; $N = 12$ pour $T_1 = 304$. Ni-Al, $\Theta_l = 32°$; $N = 1$ pour $T_1 = 305$. Cette remarque donne à la *limite de la solution solide une signification physique*. La solution solide est possible jusqu'à ce que les contacts efficaces soient réduits à une fraction simple du nombre de ceux du point de Curie du métal pur (un demi dans l'exemple du Fe-Si (12/6) et du Co-Al (24/12), un quart dans celui du Ni-Al (4/1).

Comme exemple d'une autre catégorie je cite le cas Fe^2O^3, MgO ($\Theta = 327°$, $N = 4$ avec $T_1 = 300$). Quand cette substance dissout Fe^2O^3 en solution solide, Θ augmente et l'on a, à la limite, $\Theta_l = 400°$, $^{301}N = 5{,}0$. Fe^2O^3 pur a un *nombre double* de contacts ($\Theta = 675°$, $N = 10$ pour $T_1 = 300$).

Les températures T_a des anomalies du genre de celle qu'on trouve dans le laiton β à 470°C. ($N = 6$ pour $T_1 = 303$) sont attribuables elles aussi à la rupture d'un certain nombre de contacts efficaces. T_a est donc le point de Curie d'une substance possédant l'orientation, mais dépourvue de moment magnétique.

En ce qui concerne le mécanisme des contacts efficaces, il n'y a pas de doute qu'il faut le chercher dans l'interaction des électrons proposée par Heitler et London et par Heisenberg. Mais la loi empirique donnée ici diffère nettement de celle qui dérive de la formule de Heisenberg. D'après celle-ci les points de Curie eux-mêmes seraient proportionnels aux nombres de voisins. J'ai déduit des faits expérimentaux que les carrés des points de Curie sont proportionnels aux nombres entiers de contacts.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le premier spectre d'étincelle du mercure.*

Note de M. **R. Ricard**, présentée par M. Ch. Fabry.

Mac Lennan, Mac Lay et M. F. Crawford (¹) ont évalué à nouveau les valeurs des termes du premier spectre d'étincelle du mercure. La liste des raies classées par ces auteurs à l'aide de ces termes est en très bon accord

(¹) *Proc. Roy. Soc.* (Londres), A, **134**, 1931, p. 41.

avec les résultats de nos observations, sauf pour quatre raies d'intensité moyenne que nous attribuons au spectre Hg III. Ils signalent en outre que certains termes trouvés par S.-M. Naudé [1] leur paraissent inexacts; or, parmi les raies classées par S.-M. Naudé à l'aide de ces termes, nous trouvons les raies suivantes qui appartiennent sans aucun doute au spectre Hg IV :

1.....	4521,25	8.....	3522,34	3.....	3332,36
2.....	4420,24	3.....	3418,69	1.....	3293,87
1.....	4032,88	3.....	3402,16	2.....	3186,81
0.....	3942,59	3.....	3382,43	2.....	2957,29

Pour compléter nos observations antérieures, nous avons photographié le spectre du mercure excité par décharge sans électrodes dans l'intervalle spectral 4000 Å-6100 Å à l'aide d'un spectrographe à deux prismes de flint. La liste suivante contient les raies les plus importantes du spectre Hg II qui ne sont pas encore classées et dont l'attribution à ce spectre est certaine :

5......	6017,15	4......	4896,06	5......	4600,59	8......	3904,73
6......	5961,20	6......	4869,92	5......	4557,41	7......	3839,26
4......	5862,33	5......	4866,75	5......	4515,71	6......	3751,78
6d.....	5815,37	3......	4864,60	10......	4487,64	8......	3738,19
6......	5310,16	8......	4855,72	8......	4470,56	7......	3454,36
7......	5280,04	8......	4841,18	9......	4402,06	6......	3436,94
7......	5277,46	9......	4825,60	6......	4385,50	7......	3116,18
9......	5204,68	7......	4812,60	6......	4378,65	7......	3064,56
4......	5060,79	8......	4751,12	7......	4376,22	7......	2973,05
4......	4980,68	9......	4742,42	8......	4336,95	7......	2851,95
9......	4973,66	5......	4705,29	3......	4218,21	7......	2817,87
5......	4898,72	4......	4625,68	10......	4216,76	6......	2809,44
						9......	2761,95

Aux deux termes $M(P_{3/2})$ et $N(D_{3/2})$ que nous avons signalés dans une Note antérieure [2] et dont le premier a été retrouvé par Mac Lennan ($9^{o}_{1/2} = 96185$) nous ajouterons trois termes que nous désignerons par

$$R^{1}_{5/2} = 138720, \qquad R^{2}_{5/2} = 130137, \qquad R^{3} = 79673.$$

Ces valeurs sont calculées en prenant la valeur 0 pour le niveau $6s^2 S_{1/2}$

(1) *Ann. der Phys.*, 3, 1929, p. 1.
(2) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 618.

de Hg^+ et 151280 pour $5d^{10}\,{}^1S_0$ de Hg^{++}. Les combinaisons trouvées du terme R^3 ne permettent pas de décider entre les deux valeurs $j = 1/2$ ou $j = 3/2$. Le tableau ci-dessous contient les combinaisons de ces termes avec ceux qui ont été identifiés par Mac Lennan et trois combinaisons nouvelles du terme $N(D_{5/2}) = 144557,5$; cette valeur est en meilleur accord avec les termes calculés par Mac Lennan que le nombre 144556 déduit de celui que nous avons indiqué tout d'abord.

Int.	λ (I. A.).	ν (mes.).	ν (calc.).		
5	5443,06	18366,9	18367	$24^{0}_{1\,1/2} - R^{2}_{5/2}$	R.
9	5216,88	19165,1	19165	$23^{0}_{3\,1/2} - R^{2}_{5/2}$	R.
9	5066,50	19732,0	19734	$22^{0}_{1\,1/2} - R^{2}_{5/2}$	R.
6	4727,29	21147,9	21148	$21^{0}_{1\,1/2} - R^{2}_{5/2}$	R.
0	4536,25	22038,5	22039	$19^{0}_{1/2} - R^{2}_{5/2}$	R.
10	4122,19	24262,1	24252	$15^{0}_{1\,1/2} - R^{2}_{5/2}$	R.
0	3785,12	26411,8	26412	$R^3 - 15^{0}_{1\,1/2}$	R.
1	3755,15	26622,6	26622	$R^3 - 17^{0}_{1/2}$	R.
7	3387,01	29516,2	29516	$R^3 - 21^{0}_{1\,1/2}$	R.
3	3338,45	29945,5	29946	$20^{0}_{3\,1/2} - R^{1}_{1/2}$	R.
2d	3095,34	32397,3	32297	$R^3 - 24^{0}_{1\,1/2}$	R.
2	2994,43	33385,5	33385,5	$23^{0}_{3\,1/2} - N(D_{5/2})$	R.
6	2809,44	35583,5	35583,5	$20^{0}_{3\,1/2} - N(D_{5/2})$	R.
7	2797,43	35737,5	35737	$12^{0}_{1\,1/2} - R^{1}_{5/2}$	R.
2	2598,45	38473,0	38472,5	$15^{0}_{1\,1/2} - N(D_{5/2})$	D.
4	2390,16	41825,4	41826	$10^{0}_{2\,1/2} - R^{1}_{5/2}$	D.
4	2291,92	43618,1	43618	$8^{0}_{2\,1/2} - R^{1}_{5/2}$	D.
5	2230,04	44828,3	44829	$6^{0}_{1\,1/2} - R^{1}_{5/2}$	D.

(R = Ricard; D = Déjardin.)

RADIATIONS. — *Durée moyenne de vie de l'atome de cadmium dans les états excités* ${}^3P_1$ et ${}^1P_1$. Note de M. **Paul Soleillet**, transmise par M. Pierre Weiss.

De mes mesures (1) touchant l'influence du champ magnétique sur la polarisation des radiations émises par résonance optique par l'atome de cadmium et de la théorie faite de ce phénomène par Eldridge (2) et par Breit (3), il résulte que la durée moyenne de vie de cet atome dans

(1) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 198; **187**, 1928, p. 212. Voir aussi Ellett, *Physical Review*, **33**, 1929, p. 124 (A).

(2) Eldridge, *Physical Review*, **24**, 1924, p. 234.

(3) Breit, *Journ. of Optical Society*, **10**, 1925, p. 439.

l'état 2^3P_1 est 2.10^{-6} sec, tandis que celle dans l'état 2^1P_1 est de l'ordre 10^{-8} sec. La méthode du jet atomique permet une confirmation de ces résultats. En effet à la vitesse que prévoit la théorie cinétique des gaz pour l'atome de Cd dans la vapeur à une température de 800° absolus cette durée moyenne de vie à l'état 2^3P_1 correspond à un déplacement moyen de 1^{mm} environ tandis que celui relatif à l'état 2^1P_1 est 200 fois plus petit.

Ce phénomène a pu être mis en évidence en éclairant un jet d'atomes de Cd, sortant dans le vide d'un four chauffé à 500°, par un faisceau de lumière excitatrice présentant un aplatissement perpendiculaire à la direction du jet. Cette lumière excitatrice est fournie par un arc dans le vide soufflé magnétiquement. La séparation des deux radiations de résonance 3261 Å et 2288 Å est faite par le procédé de la lentille barrée, nn diaphragme placé au voisinage du jet ne laissant passer que l'une ou l'autre des radiations. On photographie le jet dans une direction perpendiculaire à lui et au faisceau excitateur. Voici les résultats des observations :

1° Éclairement par 3261 Å$(1^1S_0 - 2^3P_1)$. Entre l'excitation et l'émission l'atome demeure à l'état 2^3P_1. Le jet est lumineux à partir de l'endroit où il est éclairé et l'intensité de sa luminosité décroît progressivement dans la direction de la vitesse des atomes. Elle devient imperceptible après 3 ou 4^{mm}.

2° Éclairement par 2288 Å$(1^1S_0 - 2^1P_1)$. Pendant l'excitation l'atome est à l'état 2^1P_1. Le jet n'est lumineux que dans la région où il est éclairé.

On a ainsi une confirmation directe des résultats tirés de l'étude de la polarisation et de la théorie de ce phénomène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Méthode physique pour le dosage du chlorure de potassium dans les sylvinites.* Note de MM. **E. Cornec** et **H. Krombach**, présentée par M. G. Urbain.

Les sylvinites sont, d'une manière approchée, des mélanges de chlorure de potassium, de chlorure de sodium et de matières insolubles dans l'eau. Seul des substances citées, le chlorure de potassium se dissout par agitation avec une solution saturée de chlorure de sodium. La dissolution du chlorure de potassium, comme le montre le diagramme de solubilité, entraîne une précipitation de chlorure de sodium. La dissolution se fait avec absorption de chaleur, la précipitation avec dégagement de chaleur, le premier effet l'emporte sur le second et l'on observe un abaissement de température. On

mesure l'abaissement et l'on en déduit la teneur de la sylvinite en chlorure de potassium que l'on exprime comme d'habitude en K^2O.

La solution saturée de chlorure de sodium à 20° est placée dans un vase Dewar; on ajoute la sylvinite à la même température. Grâce à un agitateur à palette, faisant 400 tours à la minute, la dissolution du ClK et la précipitation de ClNa sont complètes, même dans les cas les plus défavorables, en moins de 5 minutes. La sylvinite, généralement en poudre très fine, se mouille mal, une partie flotte parfois à la surface, s'imbibe lentement, et ne tombe que peu à peu dans la solution; on remédie à ce grave inconvénient en enfermant la sylvinite dans un petit sac en papier Joseph qui est immédiatement déchiré par l'agitateur. Nous employons 100^{cm^3} de solution saturée de ClNa et de 10^g de sylvinite (en prenant 12^g on pourrait atteindre, dans certains cas, la saturation en ClK). On trace une courbe de refroidissement pour avoir l'abaissement correct. Chaque appareil est caractérisé par l'abaissement que donnent 10^g de chlorure de potassium pur pour 100^{cm^3} de solution (3°,83 pour notre appareil). Par raison de commodité le thermomètre au 1/100, l'agitateur et le bouchon du Dewar sont à poste fixe, seul le Dewar est mobile.

En étudiant des mélanges en proportions variables des deux chlorures purs, nous avons reconnu que l'abaissement était à peu près proportionnel à la teneur en chlorure de potassium. En admettant une proportionnalité rigoureuse, les erreurs ne dépassent pas 0,3 pour 100 de K^2O. La substitution d'insoluble au chlorure de sodium entraîne, en raison de l'inégalité des chaleurs spécifiques, une modification de l'abaissement, mais le calcul montre que cette modification est négligeable; donc l'insoluble et le chlorure de sodium se comportent pratiquement de la même manière.

La méthode, appliquée à des sylvinites et à des produits fabriqués industriellement, provenant des Mines Domaniales de Potasse d'Alsace, a fourni les résultats inscrits dans la partie gauche du tableau. Dans un seul cas la différence entre ce nombre et ceux obtenus par la méthode à l'acide perchlorique atteint 1 pour 100.

Les différences étant toujours de même signe et plus grandes pour les produits pauvres, qui sont en même temps ceux qui renferment, outre l'insoluble, le plus d'impuretés (Ca, Mg, SO^4), on est conduit, pour améliorer les résultats, à admettre une variation linéaire de l'abaissement entre le chlorure de potassium pur et une sylvinite pauvre. Dans ce cas, l'étalonnage de l'appareil se fait non pas uniquement avec le chlorure de potassium pur, mais aussi avec une sylvinite pauvre.

Les valeurs inscrites dans la partie droite du tableau ont été obtenues en prenant pour base la sylvinite la plus pauvre, 13,41 pour 100 de K^2O, qui donnait dans notre appareil un abaissement de 0°,755 (les résultats seraient peu modifiés en prenant pour base une autre sylvinite pauvre).

Pourcentage en K^2O *des sylvinites et produits fabriqués.*

	Méthode			
Différences.	par dissolution.	à l'acide perchlorique.	par dissolution (modifiée).	Différences.
−0,19	62,35	62,54	62,36	−0,18
−0,37	61,33	61,70	61,36	−0,34
−0,08	60,42	60,50	60,47	−0,03
−0,45	52,32	52,77	52,53	−0,24
−0,42	49,90	50,32	50,15	−0,17
−0,67	47,01	47,68	47,32	−0,36
−0,52	44,17	44,69	44,53	−0,16
−0,51	41,04	41,55	41,46	−0,09
−0,41	34,69	35,10	35,23	+0,13
−0,84	28,75	29,59	29,40	−0,19
−0,79	19,46	20,25	20,29	+0,04
−1,00	13,89	14,89	14,82	−0,07
−0,77	13,69	14,46	14,63	+0,17
−0,96	12,45	13,41	13,41	0

Les différences sont alors beaucoup plus faibles; la plus grande est 0,36 pour 100.

On voit qu'au point de vue de la précision, la méthode par dissolution, modifiée comme il a été dit, se rapproche de la méthode à l'acide perchlorique. La méthode est rapide; un dosage dure une demi-heure.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'anhydrite et sa formation.* Note de M. **Louis Chassevent**, présentée par M. H. Le Chatelier.

MM. Jolibois et Lefebvre ([1]) ont indiqué que le chauffage du sulfate de calcium anhydre préparé à basse température donne lieu à un phénomène exothermique vers 365°. Cette température est sensiblement celle à laquelle la rehydratation du sulfate de calcium cesse d'être rapide, ainsi que je l'ai montré précédemment ([2]). Le sulfate anhydre obtenu par déshydratation du gypse dans un courant d'air sec au-dessous de 300° (anhydrite soluble) se transforme instantanément au contact de l'eau en semi-hydrate, puis en gypse en une heure environ. Le sulfate cuit au-dessus de 300° a les mêmes

([1]) Jolibois et Lefebvre, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1476.
([2]) Chassevent, *Annales de Chimie*, 10e série, 6, 1926, p. 277.

propriétés que l'anhydrite naturelle qui ne se transforme en gypse au contact de l'eau qu'avec une extrême lenteur.

D'autre part Van't Hoff [1] a montré que le sulfate de calcium anhydre insoluble (anhydrite naturelle) est stable au contact de l'eau au-dessus de 63°. Ce résultat, associé au fait que l'anhydrite naturelle ne semble pas avoir pris naissance à haute température, demande à être raccordé avec les résultats de MM. Jolibois et Lefebvre. Ces auteurs indiquent en effet que l'anhydrite insoluble est un produit formé à haute température et fixent la température de transformation à 365°.

Le but de cette Note est de montrer que la contradiction n'est qu'apparente; la transformation observée vers 300° dans l'air sec a lieu à une température beaucoup plus basse en présence d'un catalyseur. Le catalyseur que j'ai employé est la vapeur d'eau.

J'ai d'abord vérifié, par une méthode gravimétrique indiquée précédemment [2], que le sulfate anhydre obtenu par cuisson du gypse dans un courant d'air sec au-dessous de 300° est transformé totalement en gypse au contact de l'eau après 2 heures 30. La même durée de séjour dans l'eau d'un échantillon cuit à 340° n'amène que la réhydratation de 35 pour 100 du produit ainsi que le montrent les résultats suivants :

Réhydratation dans l'eau du sulfate de calcium obtenu par cuisson du gypse dans un courant d'air sec.

Température de cuisson.	Cuisson.		Réhydratation au contact de l'eau. Nombre de molécules d'eau combinée après		
	Durée de cuisson.	Produit obtenu.	2 h. 30.	1 jour.	3 jours.
150°......	2 h.	SO^4Ca 0,048 H^2O	1,98 H^2O	1,98 H^2O	–
150°......	48 h.	0,035 H^2O	2 H^2O	2 H^2O	–
240°......	2 h.	0	1,99 H^2O	2	–
340°......	2 h.	0	0,70	1,34	1,92 H^2O

Si l'on renouvelle les expériences non plus dans un courant d'air sec mais dans un courant de vapeur d'eau, on constate que le gypse est totalement transformé en sulfate anhydre dès la température de 150°, à condition de prolonger la cuisson pendant 48 heures. De plus l'anhydrite obtenue dans ces conditions est de l'anhydrite insoluble qui n'est pas complètement réhydraté après 14 jours de contact avec de l'eau ainsi que le montrent les résultats suivants :

---

(1) Van't Hoff, *Zts. f. phys. Chemie*, 45, 1903, p. 257.

(2) Chassevent, *Annales de Chimie*, 10e série, 7, 1927, p. 46.

Réhydratation dans l'eau du sulfate de calcium obtenu par cuisson du gypse dans un courant de vapeur d'eau.

Température de cuisson.	Cuisson. Durée de cuisson.	Cuisson. Produit obtenu.	Réhydratation. Nombre de molécules d'eau combiné après 2 h. 30.	3 jours.	14 jours.	28 jours.
150°.......	2 h.	SO^4Ca 0,39 H^2O	1,99 H^2O	2,01	–	–
150°.......	48 h.	0,07	0,16	0,67	1,91	1,95
225°.......	2 h.	0,02	0,92	1,98	–	–
220-240°...	48 h.	0	–	0,20	1,27	1,86

On obtient d'ailleurs les mêmes résultats, que l'on parte comme produit initial du gypse, du semi-hydrate ou de l'anhydrite soluble.

Ces expériences montrent que l'eau peut jouer le rôle de catalyseur dans la formation de l'anhydrite insoluble, qui est bien le corps stable déjà à 150°. Il semble donc que la contradiction apparente entre les résultats de Van't Hoff et ceux de MM. Jolibois et Lefebvre disparaisse. Ces derniers auteurs ont réalisé des transformations rapides et non catalysées. Au contraire, en maintenant le gypse pendant un temps très long en présence de vapeur, d'eau chaude ou de solutions salines, l'anhydrite insoluble apparaît à basse température et il semble que ce soit là le mécanisme de sa formation géologique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le carbonate cuivrique*. Note de M. **V. Auger** et Mme **Poulenc-Ferrand**, présentée par M. G. Urbain.

Le carbonate de cuivre normal CO^3Cu aurait été préparé en 1926 par Benrath et Essers (¹) en hydrolysant un carbonate cupripotassique dans un milieu contenant les sels CO^3K^2 et CO^3KH en proportions variables.

Comme l'un d'entre nous (²), en opérant dans des conditions peu différentes, n'avait obtenu que de la malachite ou de l'azurite, il nous a paru utile de répéter les expériences de ces chimistes.

Notons tout d'abord que les analyses qu'ils ont publiées ne représentent aucunement la formule qu'ils ont adoptée : ils indiquent, en effet :

	Trouvé.	Calculé pour CO^3Cu.
Cu pour 100............	34,37	34,67
CO^3 »	64,98	65,57

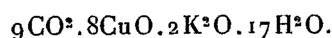
(¹) Benrath et Essers, *Zeit. anorg. Chem.*, 151, 1926, p. 38.

(²) V. Auger, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 944, et *Bull. Soc. chim.*, 15, 1914, p. 500.

tandis que, pour la formule CO^3Cu, le calcul conduit à Cu 51,41 pour 100; CO^3 48,58 pour 100.

Le produit analysé est décrit comme une poudre amorphe, vert herbe, très instable à l'air; il ne présentait aucune garantie de pureté.

Par suite de confusions et d'erreurs bibliographiques commises par les auteurs dès le début de leur travail, il nous a été impossible de déterminer le sel cupripotassique qui a servi à leurs expériences; nous avons expérimenté sur les deux carbonates doubles bien cristallisés actuellement connus, qui représentent deux espèces chimiques homogènes : le sel bleu foncé $(CO^3)^2CuK^2$ et le sel bleu clair, formulé par Gröger

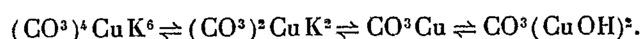


$$9CO^2.8CuO.2K^2O.17H^2O.$$

Tous les essais furent effectués en suivant les indications de Benrath et Essers; ils ont conduit, suivant le taux de l'hydrolyse, soit à des sels doubles hydratés tels que $(CO^3)^2CuK^2, H^2O$, soit à des sels plus basiques, et par hydrolyse complète, à des rognons cristallins verts de malachite.

Nous n'avons pas tenu compte du sel bleu foncé $(CO^3)^4CuK^6$ décrit par les auteurs qui n'ont pas fourni leurs résultats d'analyse, car nous avons constaté qu'il était identique au sel $(CO^3)^2CuK^2$.

Dans une seconde Note : *Sur les sels basiques*, Benrath [1], se basant sur les résultats erronés de la première Note, présente la suite des équilibres suivants, entre les carbonates cuivriques et leurs sels doubles :



$$(CO^3)^4CuK^6 \rightleftharpoons (CO^3)^2CuK^2 \rightleftharpoons CO^3Cu \rightleftharpoons CO^3(CuOH)^2.$$

Ce tableau ne peut être pris en considération puisque les premier et troisième membres n'existent pas, et qu'en outre l'azurite $(CO^3)^2Cu(CuOH)^2$ n'y est pas représentée.

L'auteur nous apprend, il est vrai, que « le carbonate normal de cuivre humide, laissé à l'air, forme bien tout d'abord de l'azurite par perte de CO^2, mais que ce composé est métastable et ne peut être obtenu que sous haute pression de CO^2 ». Il n'a évidemment pas eu connaissance de la Note [2] relative à la formation d'azurite, par carbonatation de la malachite et des carbonates doubles de cuivre en présence d'eau, au moyen de CO^2 sous une pression bien inférieure à 760^{mm}.

En résumé, le carbonate cuivrique normal CO^3Cu n'a pas encore été obtenu; il nous apparaît même que les méthodes par voie aqueuse ne sont

(1) BENRATH, *Zeit. anorg. Chem.*, 154, 1926, p. 437.

(2) V. AUGER, *loc. cit.*

guère susceptibles d'en fournir. Les essais devront probablement être effectués dans des milieux anhydres, et même, autant que possible, avec des solvants ne possédant pas de groupes hydroxyles.

GÉOLOGIE. — *Sur le Crétacé et le Nummulitique dans le Rif oriental.* Note de M. J. MARÇAIS, présentée par M. Ch. Jacob.

Le Crétacé a déjà été signalé dans le Rif oriental (¹). J'en ai reconnu récemment des affleurements nouveaux et j'ai pu étudier la façon dont le Nummulitique lui fait suite et s'étend dans le Nord de la région couverte par les Feuilles Boured n°s 2, 3, 4, 6, 7 et 8, au 1/100000e.

La plus grande partie du pays, entre Aknoul et Bab Termas, est constituée par des marnes schisteuses, dans lesquelles s'interstratifient des bancs calcaires, blanchâtres en surface, mais dont la cassure est d'un gris bleuté. Ceux-ci m'ont fourni : en 431-636, *Mortoniceras Roysstanum* d'Orb. sp., *Kosmatella* cf. *Agassiziana* Pict. sp.; en 431-644 et en 435-649 (gisements qui m'ont été indiqués par M. P.-V. Duhoux) : *Mortoniceras inflatum* Sow. sp., *K.* cf. *Agassiziana* Pict. sp. et *Puzozia Mayoriana* d'Orb. sp.; enfin, en 441-650 : *Acanthoceras* aff. *rotomagense?* et, en 431-616 : *M. inflatum* Sow. sp.

Aucun de ces gisements, de même que les mauvais restes recueillis plus au Nord, ne paraît indiquer d'étage supérieur au Vraconnien ou au Cénomanien tout au plus; il est néanmoins très probable que le Crétacé supérieur existe dans la série, car, en 444-641, dans un banc de calcaire fin au-dessus des couches à Ammonites, on trouve de petites Huîtres vraisemblablement sénoniennes, et d'innombrables prismes d'Inocérames, en lits réguliers et calmes, apparaissent au microscope dans la roche. J'ai retrouvé ce faciès au Nord de Boured. De plus, des marnes grises schisteuses m'ont fourni, en 460-647, sous le Nummulitique, des empreintes d'Inocérames, que M. Heinz a bien voulu examiner et où il a reconnu des formes sénoniennes (*Bœhmiceramus* cf. *böhmi* Heinz). Enfin, en 650-446, un Échinide (*Lambertiaster Douvillei* Gauth.), déterminé par M. Lambert, indique le Maestrichtien.

(¹) P. et L. RUSSO, *Recherches géologiques sur le Nord-Est du Rif* (*Mém. Soc. Sc. nat. du Maroc*, 20. 1929, p. 93); J. MARÇAIS, *Observations sur la géologie de la région de Tizi Ouzli* (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 757); J. MARÇAIS, DUHOUX et LECWIJCK, *Sur la présence du Crétacé inférieur dans la partie méridionale du Rif oriental* (*C. R. somm. Soc. géol. de Fr.*, 1931, p. 119-121).

Le Crétacé couvre donc de vastes surfaces dans le Rif oriental avec des faciès, qui se répartissent, du Sud vers le Nord, de la façon suivante :

1° Des marnes à fossiles pyriteux représentent le Crétacé inférieur à faciès profond entre les ordonnées 420 et 445;

2° A ces marnes succède, à partir de l'Albien supérieur, suivant la ligne Tizroutine, Bab Termas, En Nehir, un faciès marno-schisteux à bancs calcaires; et ce faciès comprend probablement presque tout le Crétacé, au moins depuis le Barrémien jusqu'au Sénonien, dans la région comprise entre Aknoul, Tizroutine et Bab Termas;

3° Vers le Nord et Nord-Ouest, toute la série devient schisteuse (zone des schistes dits lustrés du Dr Russo), et seuls, de place en place, quelques rares fossiles permettent d'affirmer la présence du Crétacé.

Le Nummulitique transgressif recouvre ensuite la série, comme vient de l'indiquer J. Lacoste pour une région plus occidentale (1). La transgression paraît dans l'ensemble débuter au Lutétien inférieur. Vers le Sud, L. Gentil (2) la fait commencer dès le Thanétien.

Vers le Sud et vers l'Est, les faciès sont du type prérifain, bien connu grâce à F. Daguin. Ainsi, au Djebel En Nehir, le Lutétien détritique et glauconieux repose sur les couches à *M. inflatum;* puis viennent les marnes blanches éocènes à silex.

Au Nord, le Flysch éocène couvre de vastes étendues entre l'ordonnée 445 et la frontière espagnole. Ce Flysch débute, en 470-660 et en 464-622, par un petit conglomérat de base *irregularis*. Généralement constitué par des calcaires marneux noirâtres, finement lités, à empreintes de pistes et à lits de silex, il nous a fourni des Foraminifères examinés par MM. Douvillé et Doncieux. Ils y ont reconnu : au Nador, *Nummulites irregularis* Desh., *N. globulus* Leym., *N. granifer* Douv. (B et A), *Assilina granulosa* Leym., et au Berkane, *N. irregularis* Desh., *N. atacicus* Leym., faune qui indique le Lutétien inférieur.

Le Flysch peut passer latéralement à un faciès très voisin des marnes blanches prérifaines, comme cela se produit en 436-648. La discordance angulaire avec les couches sous-jacentes, peu nette vers l'Est, est plus sensible vers l'Ouest. Des marnes noires, à peine schisteuses, succédent à l'Éocène et des bans de grès, du type de l'*arenisca del aljibe*, s'y intercalent

---

(1) J. LACOSTE, *Obsesvations sur la série nummulitique prérifaine et rifaine méridionale* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 112).

(2) L. GENTIL, *Notes d'un voyage géologique à Taza* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 18, 1918, p. 164).

vers le sommet au Djebel Berkane, au Nador et à l'Est de Taher Souk. En coupe mince, les grès se montrent formés de grains de quartz et d'un ciment siliceux. M. Cayeux, après examen de mes plaques, insiste sur l'inégalité des grains et sur leur origine éolienne probable. Il s'agit sans doute là d'un grès fluviatile. Apparaissant à la fin des marnes noires vraisemblablement oligocènes, et situés sous le Miocène à Taher Souk, ces grès représentent probablement un faciès continental et lenticulaire de l'Aquitanien et peut-être aussi du Miocène inférieur.

La présence d'une couverture nummulitique continue dans la région centrale du Rif oriental et le fait que l'on retrouve du Crétacé en place sous le Nummulitique au Sud des Senhadja (Djebel En Nehir) me paraît difficilement conciliable avec l'hypothèse formulée par M. et Mme Russo (*loc. cit.*, p. 143), d'une nappe nummulitique venue du Boccoya.

GÉOLOGIE. — *Sur les accidents de la bordure occidentale des* Barres *jurassiques entre Belgentier et Néoules* (*Var*). Note de M. **Antonin Lanquine**, présentée par M. Ch. Jacob.

Au-dessus de la vallée du Gapeau et au nord du village de Belgentier se dresse une *barre* calcaire, d'une altitude moyenne de 570 à 600^{m}, qui se prolonge vers l'E et le NE au-dessus du grand vallon de la Foux jusqu'au culminant du Pilon Saint-Clément (altitude 704^{m},9) et, avec quelque atténuation dans ses abrupts, tourne ensuite vers l'W pour dominer le village de Néoules et la dépression triasique de Méounes. Ces contours, en forme de falaise, de Bathonien supérieur, encerclent ainsi une sorte de large massif occupé au sommet par un étalement de dolomies néojurassiques sous lesquelles se placent les niveaux bathoniens, bajociens et liasiques représentés dans la région. C'est ce que figure la feuille de Toulon au 1/80000e de la Carte géologique et rien d'anormal ne semble apparaître sur le pourtour de ces barres, si ce n'est, vers la bordure occidentale, un singulier croissant de Jurassique surmonté de Crétacé inférieur qui domine au N le vallon des Rampins et qu'entoure une faille sinueuse séparant ce paquet du Trias, faille signalée par Marcel Bertrand et mentionnée par Émile Haug dans son interprétation tectonique des environs de Méounes et de Garéoult [1].

[1] Émile Haug, *Sur la fenêtre de Méounes et de Garéoult* (*Var*) (*Comptes rendus*, 153, 1911, p. 1186-1188).

En effectuant des levés géologiques précis sur les plans directeurs au 1/10000e, j'ai étudié avec attention le pourtour du large massif en question. Sauf quelques rectifications, il n'y aura pas lieu de modifier l'allure des Dolomies supérieures qui recouvrent directement le Bathonien calcaire. Mais il n'en est pas de même pour la bordure.

La faille simple figurée à l'est de Belgentier et dirigée W-E doit être reportée plus au Sud. Elle longe au Nord l'éperon rocheux du Jas des Cabrides dont la partie supérieure, formée d'Aalénien, domine le Bathonien marneux avec un chevauchement apparent. Vers l'Est, un accident, de même nature et de même direction, montre le Bathonien marneux s'enfonçant sous l'Hettangien qu'on retrouvera au nord de la dépression de la Barbude. Cet Hettangien est, d'ailleurs, chevauché localement par du Rhétien, le long d'un contact toujours orienté W-E dans la fermeture occidentale de la dépression. Le décollement que j'ai étudié antérieurement (1) au voisinage de la Barbude se poursuit donc jusqu'aux environs immédiats de Belgentier.

Mais des accidents plus importants s'observent au nord de ce village jusqu'à Néoules. C'est une première dislocation, tout d'abord, entre les parties hautes du vallon de Pachoquin et celui des Rampins. On remarque là un enfoncement local du Bathonien calcaire et du Bathonien marneux qui ferment au Sud le haut plateau de Planesselve, sous des calcaires rhétiens, plongeant fortement au SW, qui couronnent le monticule coté 377,4.

Une seconde anomalie apparaît autour du paquet jurassique mentionné ci-dessus au nord du vallon des Rampins. Sur son bord sud, ce paquet formé de calcaires blancs et de dolomies portlandiens (plateau coté 408,1-406,8) repose directement sur le Toarcien et l'Aalénien, plongeant au SSW, qui constituent la tête du ravin des Rampins. En plusieurs points, un broyage souligne ce contact. Sur le bord est, les Dolomies recouvrent directement une étroite bande, orientée N-S de Bathonien marneux, sans interposition de Bathonien calcaire. Au Nord, les mêmes Dolomies surmontent de nouveau un Lias supérieur étiré et redressé, puis, en descendant sur le flanc occidental des collines, une large bande hettangienne, toujours dirigée N-S et plongeant à l'Est. A l'Ouest, et sur la croupe du nord des Tuves, un petit affleurement d'Éocrétacé, calcaires

(1) ANTONIN LANQUINE, *Sur les décollements de base de la Série secondaire entre Cuers et Pignans (Var)* (*C. R. Assoc. franç Avanc. Sc.*, Congrès de La Rochelle, 1928, p. 338-342, Paris, 1929).

et marnes verdâtres à Ostracés, portant un peu d'Urgonien, vient, en repos normal, avec des couches très inclinées vers l'Ouest, sur les Dolomies néojurassiques, mais l'ensemble surmonte toujours l'Hettangien, puis un Rhétien très étiré et enfin un anticlinal triasique à noyau de Muschelkalk. Une surface de décollement évidente forme donc la base de ce paquet jurassique.

Depuis ce point jusqu'aux environs de Font Gayaou au sud de Néoules, d'autres faits intéressants se montrent dans la dépression de Planesselve, sous le manteau quaternaire qui couvre cette haute plaine. Ce sont des bandes étirées, plongeant toutes *les unes sous les autres* vers l'est et le sud-est, de Lias, de Bajocien, de Bathonien marneux en *répétitions isoclinales*. Je ne citerai, à titre d'exemple, qu'une succession, celle qu'on coupe entre le petit col à l'est de la Poulaque et la bastide de Planesselve, de l'Ouest à l'Est : Domérien supérieur, Toarcien, Aalénien, Bajocien, Bathonien marneux; Toarcien, Domérien, Hettangien; Bathonien marneux, Bathonien calcaire. *Ce régime caractérise ici toute la bordure des Barres* jusqu'au delà de Néoules.

Quant au Trias de Méounes, son terme supérieur, le Keuper, *s'enfonce partout*, le long de cette bordure, sous le Rhétien. Je reviendrai plus tard sur son allure vers l'Ouest sur les bords du massif jurassique de Vigne-Groussière et d'Agnis.

Les accidents que je viens d'énumérer montrent l'importance et le relais, à des niveaux variés, des phénomènes de décollement sur toute la bordure du massif jurassique entre Belgentier et Néoules. Il convient de les rapprocher de ceux que j'ai décrits sur le pourtour sud-est du même massif aux environs de Cuers.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension vers le Sud-Est des chevauchements marginaux de la chaîne calcaire du Rif espagnol.* Note de M. **P. Fallot**, présentée par M. Ch. Jacob.

J'ai signalé ([1]) les contacts anormaux du Jurassique de la bordure de la chaîne calcaire rifaine avec le Flysch rose, depuis la Cudia Tadrart jusqu'à Ayaden, et relevé le fait qu'à hauteur de Bab Amaregaout, ce contact semblait redevenir tout à fait normal. Grâce à l'amabilité de M. da Casa, directeur des Travaux publics, j'ai pu faire de la Maison des Travaux publics de Bab Taza le centre de mes excursions de cet automne et constater

([1]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 245.

que, au Sud-Est du Col de Bab Amaregaout, où s'affirme le pendage régulier du Jurassique sous le Flysch, cette disposition qui reproduit celle qui apparaît à Xauen, se poursuivait jusqu'à la terminaison du pli formant cette bordure externe de la chaîne, vers el Had de Beni Derkoul.

Par contre l'O. el Had, qui a creusé sa vallée longitudinale du pied Nord du Dj. Khmès jusqu'à hauteur du Dj. Amatras, où il oblique au Sud pour pénétrer dans la zone bordière de Flysch, entame, dès le pied du Dj. Khmès, le Flysch formé de couches roses du type commun et de grès bruns. A première vue, ce Flysch semble apparaître en fenêtre. Les détails du contact sont toutefois ambigus.

Au pied du Dj. Khmès, en effet, on pourrait attribuer le contact Jurassique-Flysch à une faille parallèle à la vallée et en formant le bord. Au flanc Nord-Est de la vallée, le versant du Dj. Beni Mhamed montre une cascade de plis descendant vers la vallée, axés Sud-Est-Nord-Ouest.

L'affleurement du Flysch du fond de cette dépression s'élargit rapidement vers le Sud-Est. A hauteur du point nommé Taznit sur la carte française, le massif calcaire qui prolonge le Dj. Beni Mhamed montre un contact franchement anormal entre sa masse calcaire et dolomitique et le Flysch, qui d'ailleurs atteint déjà une assez grande hauteur. Plus au Sud-Est, le Dj. Adeldane, qui prolonge tout ce chaînon calcaire, est formé de calcaires pendant franchement au Sud-Ouest dont l'ensemble s'enfonce très normalement *sous* le Flysch de la vallée. Le prolongement de ce contact normal nous amène, en deux kilomètres, à la bordure Jurassique suivie par le haut O. el Jemis, où nous avions déjà observé ce contact normal, MM. Marin, Blumenthal et moi [1].

Sauf en ce qui concerne certains dispositifs locaux, le Flysch du haut O. el Had semble donc correspondre en définitive à une zone synclinale de la chaîne, soulignée d'une cassure longitudinale [2]. Le chaînon jurassique, qui le sépare de la bordure nummulitique de Beni Derkoul, est précisément ce chaînon anticlinal dont nous avons noté, en 1930, l'ennoiement vers le Sud-Est au Nord de El Had. Son extrémité est coupée de failles et tronçonnée par un accident transversal qui fait affleurer un coin de Flysch en direction transversale par rapport à la crête.

---

[1] A. Marin, M. Blumenthal et P. Fallot, *Observations géologiques sur le Nord-Ouest du Rif marocain* (*Bull. Soc géol. Fr.*, 4e série, 30, 1930, p. 659-735).

[2] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 190, schéma géologique. Cette disposition des affleurements a été figurée dans la partie Ouest du croquis.

Le contact du Jurassique avec le Flysch, à l'extrémité même de l'éperon, est aussi accompagné de cassures. Ces divers accidents de détail ne suffiraient pas à contredire notre interprétation; mais, d'une part, à mi-flanc Nord-Est du Dj. Beni Mhamed, apparaît une bande de Flysch qui semble subordonnée au Jurassique formant cette montagne et serait de nature à faire supposer que le Flysch passe bien sous ce massif pour réapparaître dans la haute vallée de l'Oued el Had; d'autre part, le sommet qui s'élève entre le Dj. Adeldane et l'Oued el Had, sur le prolongement de l'arête du Dj. Amatres, et dont la base est entièrement formée du Flysch de la vallée, est couronné par des dolomies et calcaires du Jurassique; enfin les calcaires lités qui forment la cime du Dj. Khmès m'ont fourni des calcaires en plaquettes où de mauvais débris de Bivalves, déterminés par M. Dubar, ont révélé : *Cardita austriaca* Hauer, *C. munita* Stop., *Anomia Schafhaütli* Winckler, *Rhynchonella* cf. *Deffneri* Opp., ainsi que deux fragments que l'on pouvait rapporter avec doute à *Avicula contorta* Portl. Même sans ces derniers, l'âge rhétien est établi. Le sommet de cette montagne serait donc taillé dans un flanc renversé.

Même si l'anticlinal du Dj. de Beni Derkoul était, selon les apparences, un pli régulier simplement faillé longitudinalement selon le bord Sud du haut O. el Had, il y aurait donc dans cette partie de la chaîne des dislocations relativement importantes, savoir le témoin couronnant le Flysch de l'extrémité de l'arête du Dj. Amatras et la série inverse du sommet du Dj. Khmès, qui impliquent une unité chevauchante, à peu près détruite par l'érosion. Il y aurait aussi la bande de Flysch probable d'Izilane, au haut du bassin de réception de l'O. Izilane, qui impliquerait une série subordonnée à celle qui constitue l'arête Dj. Beni Mhamed, Taznit-Dj. Adeldane, peut-être en corrélation avec le Flysch de l'O. Bou Zlef mentionné précédemment ([1]).

Il serait prématuré d'effectuer des raccords d'ensemble et l'explication de ces anomalies apparentes ne pourra être tentée que lorsque des levers précis sur la nouvelle carte au 1/50000e à paraître auront pu être exécutés.

Je rappellerai seulement que c'est sur le prolongement vers l'Est du Dj. Adeldane que nous avons effectué en 1930, MM. Marin, Blumenthal et moi, la traversée de la chaîne qui nous a donné l'impression d'être formée par une série régulière de Jurassique calcaire et dolomitique, sans renversements ni contacts anormaux. A moins qu'une bande de Flysch pincée

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 552.

sous les dolomies ne nous ait échappé, cet aspect tranquille et normal de la chaîne sur la transversale du Jemis de Beni Selman doit nous inciter à rechercher plutôt les solutions tectoniques simples.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La proportion des sexes chez* Galleria melonella. Note de M[lle] **M. Goldsmith**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Le rôle joué par les influences extérieures dans la détermination du sexe a été l'objet de nombreuses recherches, surtout chez les animaux présentant une reproduction cyclique, comme les Cladocères ou les Rotifères. Les Insectes ont été moins étudiés sous ce rapport; c'est pourquoi il n'est peut-être pas sans intérêt de citer un fait observé au cours des élevages de *Galleria melonella*. Dans les conditions normales de température et de nutrition, les chenilles se transforment en chrysalides trois semaines environ après leur sortie de l'œuf; leur taille mesure à ce moment 30^{mm} environ (température de 30° à 35° et abondance de cire). Si la température devient notablement inférieure à la normale, la croissance de la chenille est arrêtée et la métamorphose retardée.

Mais si, la température restant dans les limites favorables, c'est la nourriture qui fait défaut, un phénomène très différent se produit : les chenilles cessent de grandir, mais se transforment en chrysalides avec une taille qui peut ne pas dépasser le quart de la normale. La taille de l'imago se trouve réduite dans les mêmes proportions. Les papillons présentent, en outre, fréquemment, quelques autres anomalies, portant principalement sur les ailes : ailes tordues, ou réduites, ou présentant des variations de coloration (telles qu'une bande transversale claire), ou une forme exagérément allongée. Mais ce qui distingue ces minuscules papillons, c'est la prépondérance numérique des mâles; tandis que chez les papillons élevés dans les conditions d'existence normales les individus des deux sexes sont en nombre sensiblement égal, ici j'ai trouvé, dans des élevages faits dans les conditions d'une forte pénurie de cire, les chiffres suivants :

Premier lot	10 mâles,	2 femelles
Deuxième lot	26 »	4 »
Troisième lot	22 »	2 »
Quatrième lot	22 »	8 »
Cinquième lot	24 »	2 »
Sixième lot	12 »	1 femelle
Total	116 mâles,	19 femelles

soit 17 pour 100 environ seulement de femelles.

Les œufs pondus par ces femelles sont peu nombreux, mais de taille normale. Les expériences se poursuivent en vue de l'étude des caractères de la deuxième génération.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Fièvre boutonneuse et « fièvre de Marseille ». Immunité croisée.* Note de MM. **P. Durand** et **J. Laigret**, présentée par M. E. Roux.

La fièvre exanthématique de Marseille a été identifiée par Conseil, du point de vue clinique, à la fièvre boutonneuse. Elles ont d'ailleurs de nombreux caractères communs, en dehors de la clinique. Les deux virus sont pathogènes pour le singe, non pour le cobaye (Burnet et Olmer, P. Durand), les deux ne donnent pas d'immunité contre le typhus (Burnet, P. Durand et Olmer, P. Durand), les deux sont transmis par le Rhipicéphale (P. Durand et Conseil, Brumpt, Joyeux et Pieri), les deux enfin provoquent chez l'homme et même chez le singe une réaction de Weil-Felix positive (Olmer, Burnet et Olmer, P. Durand).

Nous avons pu étudier l'immunité provoquée par le virus de Marseille vis-à-vis du virus tunisien. Les difficultés rencontrées au cours des passages et aussi le petit nombre de malades justiciables de pyrétothérapie que nous avons pu traiter ne nous ont pas permis d'éprouver l'immunité en sens inverse.

Deux malades ont été infectés avec un virus d'origine marseillaise.

Observation I. — Un lot de Rhipicéphales a été recueilli le 3 septembre dans la banlieue marseillaise à l'état de nymphes gorgées. Le 15 septembre, la plupart des nymphes ont donné des adultes. 200 de ceux-ci, mâles et femelles non gorgés, sont lavés à plusieurs reprises à l'alcool, au sublimé à 1 pour 1000, et à l'eau salée stérile, broyés en eau salée stérile et inoculés sous la peau du dément précoce M. b. s. qui fait, après cinq jours d'incubation, une fièvre boutonneuse expérimentale, d'intensité plutôt faible et d'évolution assez courte (8 jours), à éruption discrète mais typique. Convalescence sans incident.

Obvervation II. — Medj. Dément précoce. Reçoit dans la veine, le 22 septembre, 45^{cm^3} de sang citraté du précédent.

Après une incubation de 6 jours, fièvre boutonneuse expérimentale d'intensité moyenne (maximum $40^{o},2$) ayant duré 14 jours, à éruption typique et également moyenne.

Deux autres ont été infectés avec un virus tunisien.

Observation III. — Lou. Dément précoce, inoculé le 21 septembre avec du sang et

du cerveau de gerbilles, infectées à partir d'un cas de fièvre boutonneuse tunisienne naturelle.

Après 7 jours d'incubation, fièvre boutonneuse, d'intensité moyenne (maximum 40°,2), de durée assez courte (10 jours), avec éruption moyenne et typique. Convalescence sans incident.

Observation IV. — Xib. Dément précoce, inoculé le 21 septembre avec du sang et du cerveau de rats, infectés par le même virus que les gerbilles de l'observation précédente.

Après une incubation de 7 jours, fièvre boutonneuse, d'intensité assez faible (moyenne 39°,4), de durée moyenne (10 jours), à éruption discrète mais typique.

Le virus, utilisé pour les réinoculations, a pour origine un cas de fièvre boutonneuse naturelle, survenu aux environs de Tunis. Le malade présentait une maladie typique, avec tache noire, éruption assez intense et réaction de Weil-Felix positive au cours de la convalescence.

Avec le sang de ce malade fut inoculé un paralytique général, qui donna, après une incubation de 7 jours, une fièvre boutonneuse de durée assez courte (7 jours), avec une température atteignant 40°,8, et une éruption assez tardive (5e jour) quoique typique. Le 3e jour de la maladie (8 novembre), on prélève, par ponction veineuse, 300 $^{cm^3}$ de sang qui est citraté et inoculé à dose de 50 $^{cm^3}$ aux malades des observations I, II, III, IV, ainsi qu'à deux autres déments précoces qui servent de témoins.

Les réinoculations ont lieu ainsi : pour Mbs, le 40e jour après la fin de sa première atteinte ; pour Medj, le 27e jour ; pour Lou et Xib, le 30e jour.

La température de ces quatre sujets, prise régulièrement pendant plus d'un mois, n'a montré aucune élévation anormale.

La virulence du sang utilisé pour les réinoculations est éprouvée, en même temps, par l'observation des deux témoins suivants :

Observation V. — Ben Sel. Dément précoce. Température subfébrile le 16 et le 17, puis ascension à 40°,5 le 18 novembre, en même temps qu'apparaît l'éruption. La fièvre continue, en baissant progressivement, jusqu'au 25 novembre.

Observation VI. — Sass. Dément précoce. Le 18 novembre, ascension thermique à 39°,4, l'éruption débute le même jour et s'accentue les jours suivants. Fièvre un peu au-dessus de 39° jusqu'au 25 novembre.

Les deux témoins ont donc été atteints par une fièvre boutonneuse assez courte, mais tout à fait typique.

Conclusion. — Nous avons observé qu'une première atteinte de fièvre boutonneuse, d'origine tunisienne, laisse, après elle, une immunité complète pour un autre virus tunisien et que, de la même façon, l'immunité au

virus tunisien est obtenue par une première atteinte due à un virus d'origine marseillaise.

A 15^h55^m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Mécanique, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de canditats à la place vacante par le décès de M. *G. Kœnigs* :

En première ligne..............	M. **Henri Villat**.
En seconde ligne, ex æquo par ordre alphabétique................	MM. **Eugène Bertrand de Fontviolant**, **Louis de Broglie**, **Prosper Charbonnier**, **Alfred Liénard**, **Ernest Vessiot**.

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17^h40^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 22 février 1932.)

Note de Mme *Ramart-Lucas*, Parallélisme entre la couleur et la réactivité d'un groupe chromophore :

Page 726, rétablir ainsi le début de la Note :

1. Les formules de structure des molécules organiques mettent en évidence les atomes présents, leur position respective sur le squelette carboné, leur mode de liaison (groupes fonctionnels), mais ne renseignent pas sur la forme vraie des molécules ni sur l'influence réciproque des atomes ou groupes d'atomes. Or le comportement...

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 MARS 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **J. Borcea**, professeur de l'Université de Jassy, qui assiste à la séance.

MARÉES DYNAMIQUES. — *Les latitudes critiques.* Note de M. **Marcel Brillouin**.

1. On rencontre dans le développement de la théorie dynamique des marées, avec les hypothèses de Laplace, une difficulté apparente qui a donné lieu, de la part de Poincaré, à des développements étendus, et pas très clairs, qui me paraissent tout à fait inutiles. Reprenant la théorie à ses débuts, je vais montrer qu'en réalité la difficulté est illusoire.

Notations :

ω, vitesse de rotation de la Terre;
R, rayon de la Terre;
g, intensité de la pesanteur;
α, longitude vers l'Est;
μ, sinus de la latitude vers le Nord;
h, profondeur de l'Océan (fonction de μ et α);
ζ, soulèvement de l'Océan;
$\bar{\zeta}$, soulèvement *statique*, que produirait l'astre perturbateur;
ζ^*, soulèvement que produirait l'attraction newtonienne du soulèvement réel à la surface du globe;
G, constante de la gravitation universelle.

On a entre ζ_1 au point μ_1, α_1, et ζ^* au point μ, α, la relation

$$(1) \qquad g\zeta^* = \int\int G\rho_{aq} \frac{\zeta_1 R^2 \, d\mu_1 \, d\alpha_1}{D},$$

où D est la longueur de la corde qui mesure la distance du point R, μ_1, α_1 au point R, μ, α. ρ_{aq} densité de l'eau de mer.

Posons enfin à la surface libre, où la pression atmosphérique est regardée comme constante,

$$(2) \qquad \zeta' = \zeta - \bar{\zeta} - \zeta^*.$$

Avec ces notations, les équations de la théorie de Laplace sont :

$$(\mathrm{I}) \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial u}{\partial t} + 2\omega\mu v = -\dfrac{g}{R}\sqrt{1-\mu^2}\dfrac{\partial \zeta'}{\partial \mu}, \\ \dfrac{\partial v}{\partial t} - 2\omega\mu u = -\dfrac{g}{R}\dfrac{1}{\sqrt{1-\mu^2}}\dfrac{\partial \zeta'}{\partial \alpha}, \end{cases}$$

$$(\mathrm{II}) \qquad R\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial \mu}\left(h\sqrt{1-\mu^2}\,u\right) + \frac{1}{\sqrt{1-\mu^2}}\frac{\partial}{\partial \alpha}(hv) = 0.$$

2. Considérons maintenant les mouvements périodiques, et regardons u, v, les ζ, comme les amplitudes complexes, avec le facteur commun $e^{i\theta t}$, où $\theta = 2\pi/T$ est donné par l'action de l'astre perturbateur, ou bien correspond à une oscillation propre si $\bar{\zeta}$ est nul.

Les équations prennent la forme

$$(\mathrm{I}') \qquad \begin{cases} i\theta u + 2\omega\mu v = -\dfrac{g}{R}\sqrt{1-\mu^2}\dfrac{\partial \zeta'}{\partial \mu}, \\ i\theta v - 2\omega\mu u = -\dfrac{g}{R}\dfrac{1}{\sqrt{1-\mu^2}}\dfrac{\partial \zeta'}{\partial \alpha}, \end{cases}$$

$$(\mathrm{II}') \qquad i\theta R\zeta + \frac{\partial}{\partial \mu}\left(h\sqrt{1-\mu^2}\,u\right) + \frac{1}{\sqrt{1-\mu^2}}\frac{\partial}{\partial \alpha}(hv) = 0.$$

Des deux équations (I′) tirons u et v, portons dans (II′), et chassons les dénominateurs (sans précautions), nous obtenons l'équation intégro-différentielle en ζ' :

$$(\mathrm{III}) \qquad \begin{aligned} & i\theta\Theta^2 \frac{R^2}{g}(\zeta' + \bar{\zeta} + \zeta^*) \\ & + \Theta^2\left[i\theta\frac{\partial}{\partial \mu}\left(h(1-\mu^2)\frac{\partial \zeta'}{\partial \mu}\right) + i\theta\frac{1}{(1-\mu^2)}\frac{\partial}{\partial \alpha}\left(h\frac{\partial \zeta'}{\partial \alpha}\right) \right. \\ & \qquad \left. + 2\omega\mu\frac{\partial}{\partial \alpha}\left(h\frac{\partial \zeta'}{\partial \mu} - 2\omega\frac{\partial}{\partial \mu}\left(h\mu\frac{\partial \zeta'}{\partial \alpha}\right)\right. \right] \\ & \qquad + 8\omega^2\mu h\left[i\theta(1-\mu^2)\frac{\partial \zeta'}{\partial \mu} - 2\omega\mu\frac{\partial \zeta'}{\partial \alpha}\right] = 0. \end{aligned}$$

où j'ai posé

$$\Theta^2 = \theta^2 - 4\omega^2\mu^2.$$

3. *Discussion.* — Tant que le facteur Θ^2 n'est pas nul, tout le calcul se poursuit sans aucune inquiétude. Il n'en est plus de même lorsque ce facteur est nul, c'est-à-dire aux latitudes critiques

$$\mu_0 = \pm \frac{\theta}{2\omega}.$$

Alors les équations (I') cessent d'être distinctes. Pour qu'elles soient compatibles, il faut que l'on ait, entre les seconds membres,

$$i\theta(1-\mu^2)\frac{\partial\zeta'}{\partial\mu} = 2\omega\mu\frac{\partial\zeta'}{\partial\alpha}$$

ou

$$\left(\frac{\partial\zeta'}{\partial\mu}\right)_0 = -i\frac{4\omega^2}{4\omega^2-\theta^2}\left(\frac{\partial\zeta'}{\partial\alpha}\right)_0$$

à la latitude critique Nord.

Or, c'est précisément ce à quoi se réduit l'équation générale (III) aux latitudes critiques.

L'équation intégro-différentielle en ζ' prise sous la forme (III) *est partout correcte*, il n'y a pas à s'inquiéter des latitudes critiques. Les considérations compliquées auxquelles Poincaré a eu recours pour éviter toute difficulté relative aux latitudes critiques sont inutiles, me semble-t-il.

C'est d'ailleurs ce qu'on a reconnu — avec moins de simplicité je crois — dans tous les cas particuliers qu'on a traités complètement (Hough, Goldsbrough).

Quels que soient les contours, l'intégration de l'équation (III), qui est du type elliptique, fournira correctement *partout*, le soulèvement

$$\zeta = \zeta' + \bar{\zeta} + \zeta^*$$

de l'Océan.

4. *Vitesses horizontales.* — Le soulèvement n'est pas tout. Comme son calcul, même en négligeant le terme ζ^*, est extrêmement pénible, on ne dit habituellement rien des vitesses horizontales u, v qui l'accompagnent.

Ces vitesses sont données sans difficulté par les équations (I') :

$$\Theta^2 u = \frac{g}{R}\left(i\theta\sqrt{1-\mu^2}\frac{\partial\zeta'}{\partial\mu} - \frac{2\omega\mu}{\sqrt{1-\mu^2}}\frac{\partial\zeta'}{\partial\alpha}\right),$$
$$\Theta^2 v = \frac{g}{R}\left(2\omega\mu\sqrt{1-\mu^2}\frac{\partial\zeta'}{\partial\mu} + \frac{i\theta}{\sqrt{1-\mu^2}}\frac{\partial\zeta'}{\partial\alpha}\right),$$

pourvu que Θ^2 ne soit pas nul, c'est-à-dire hors des latitudes critiques.

Mais, aux latitudes critiques, elles ne déterminent plus séparément u et v; l'intégrale ζ' les rend compatibles et l'on a uniquement

$$\text{(IV)} \qquad iu + v = \frac{-1}{\theta}\frac{g}{R}\sqrt{1 - \frac{\theta^2}{4\omega^2}}\left(\frac{\partial\zeta'}{\partial\mu}\right)_0 \qquad \text{(lat. crit. N).}$$

Comment obtenir u et v? Peut-on les tirer de l'intégrale ζ' sans ambiguïté, même aux latitudes critiques? C'est une question que personne ne paraît s'être posée jusqu'à présent.

Rien n'est plus simple. Dérivons par rapport à μ les deux équations (I)! Cette opération fait apparaître $\partial u/\partial\mu$ et $\partial v/\partial\mu$, et fournit en général ces deux dérivées. Mais aux latitudes critiques, les équations ne contiennent plus que la combinaison $i\,\partial u/\partial\mu + \partial v/\partial\mu$, avec la condition de compatibilité

$$\text{(V)} \qquad 2\omega(v - ui) = -\frac{g}{R}\frac{\partial}{\partial\mu}\left(\sqrt{1-\mu^2}\frac{\partial\zeta'}{\partial\mu} + \frac{i}{\sqrt{1-\mu^2}}\frac{\partial\zeta'}{\partial\alpha}\right).$$

Associée à (IV), cette équation achève de déterminer u et v à la latitude critique Nord. On traitera de même la latitude critique Sud.

La même difficulté se résout de la même manière pour toutes les dérivées

$$\frac{\partial^n u}{\partial\mu^n}, \quad \frac{\partial^n v}{\partial\mu^n}, \quad \frac{\partial^{n+p} u}{\partial\mu^n\,\partial\alpha^p}, \quad \frac{\partial^{n+p} v}{\partial\mu^n\,\partial\alpha^p}.$$

Il n'y a donc aucune difficulté théorique aux latitudes critiques.

Toutefois le changement des expressions analytiques de u, v, ... en fonction des dérivées de ζ' exige évidemment des précautions dans le calcul approché des u, v, ... aux latitudes voisines des latitudes critiques.

MICROBIOLOGIE. — *Présence d'une bactérie, analogue aux* Rickettsia, *dans la tunique vaginale des cobayes et des rats, inoculés par voie péritonéale avec des produits non virulents.* Note [1] de MM. **Charles Nicolle** et **Jean Laigret.**

Dans son étude des lésions de la tunique vaginale des cobayes, inoculés avec le virus du typhus mexicain, Hermann Mooser a signalé la présence, à la surface de cette séreuse, de corps bacilliformes qu'il assimile aux *Rikettsia* des cellules de l'intestin des poux infectés de typhus. Ces corps sont ou libres ou englobés dans des mononucléaires; leur nombre y est souvent très grand.

[1] Séance du 29 février 1932.

Les constatations de Mooser ont été confirmées par tous ceux qui ont étudié, après lui, la réaction de la tunique vaginale des cobayes, inoculés par voie péritonéale avec le virus mexicain. On a retrouvé des corps identiques chez les cobayes inoculés du virus du typhus de l'Ancien Monde, de celui des rats de Toulon (Marcandier et Pirot) et de celui des rats de Pirée (P. Lépine). Ces corps ne se teignent pas par les colorants ordinaires; pour les mettre en évidence, il faut employer la méthode de Giemsa ou mieux le procédé qui a été imaginé pour eux par R. Castañeda.

Parallèlement à la présence de ces corps, Mooser a montré la haute virulence de l'exsudat de la tunique vaginale. Après lui, H. Zinsser et R. Castañeda ont eu l'idée d'utiliser cette culture locale naturelle pour préparer un vaccin préventif et ils ont cherché, par des moyens ingénieux, à augmenter une source aussi précieuse de virus.

Nous avons abordé la question dans le même esprit. Un fait nous a frappés tout de suite : la variabilité extrême du nombre des corps bacilliformes rencontrés, sans que cette variabilité pût être expliquée par des conditions différentes dans les expériences. Les *Rickettsia* de Mooser se sont montrées tantôt nombreuses, même très nombreuses, tantôt rares, tantôt absentes. Il en a été de même sur des cobayes, inoculés par voie pleurale. Cependant le produit de lavage de la surface des poumons se montre d'une virulence tout aussi grande que l'exsudat vaginal et donne lieu à des passages réguliers de plèvre à plèvre. Par conséquent, aucune relation ne nous paraissait lier le nombre de ces *Rickettsia* et le degré de virulence.

Cherchant à notre tour l'augmentation de la réaction vaginale de façon à obtenir une multiplication plus importante du virus, nous avons été amenés à inoculer dans la cavité péritonéale de nos cobayes du phosphate de chaux, suivant la technique employée par von Deinse pour la mise en évidence rapide de l'infravirus turberculeux.

Deux cobayes inoculés, l'un du virus mexicain, l'autre du tunisien ont reçu le phosphate au deuxième jour de leur fièvre. Sacrifiés le lendemain, ils ont montré une forte réaction vagino-péritonéale avec exsudat séreux et présence de rickettsia : très rares chez le cobaye du virus tunisien, très nombreuses chez celui du mexicain.

Plus tard, d'autres cobayes ont reçu; d'abord le phosphate, 5 à 6 jours ensuite le virus et, le deuxième jour de leur fièvre, une nauvelle inoculation de phosphate. Cette dernière provoque une très forte hypothermie, parfois mortelle, et la production d'un épanchement qui peut atteindre 25^{cm^3}. Les *Rickettsia* de Mooser ont été ou absentes ou rares, quel que fût le virus employé.

Variant les conditions des expériences, nous avons obtenu les mêmes et irréguliers résultats.

Nous en étions là de nos recherches quand un des passages par cobayes du virus tunisien manqua. Des deux cobayes témoins, inoculés avec le virus seul, le premier montra une infection douteuse, l'autre ne s'infecta pas. Or les cobayes, inoculés avec un mélange du même cerveau et de phosphate, sacrifiés durant les premiers jours, montraient tous des *Rickettsia* de Mooser, l'un d'eux avec abondance.

Cette singulière constatation nous conduisit alors à chercher la présence des mêmes corps chez des animaux neufs (cobayes ou rats) inoculés avec un mélange de cerveau de cobaye *neuf* et de phosphate et, chez d'autres, inoculés de cerveau normal seul ou de phosphate seul.

1° Mélange cerveau sain broyé et phosphate. — 4 *cobayes*. Sacrifiés aprés 24 heures, 2 montrent des *Rickettsia*.

2° Cerveau sain broyé, seul. — 6 *cobayes* : 2 sacrifiés après 1 jour, néant. 3 sacrifiés après 2 jours, deux négatifs, un positif. 1 après 3 jours, néant. — 3 *rats* : 1 sacrifié après 3 jours, rares *rick*. 1 après 4 jours, *rick*. non rares dans le péritoine, nombreuses dans la vaginale. 1 après 5 jours, *rick*. non rares dans la vaginale.

3° Phosphate seul. — 4 *cobayes* : 2 sacrifiés après 1 jour; chez l'un, *rick*., rares, chez l'autre (femelle) *rick*. très rares à la surface du péritoine. 1 sacrifié après 2 jours, néant. 1 après 6 jours, néant. — 3 *rats* : 1 sacrifié après 3 jours, *rick*. nombreuses dans la vaginale. 1 après 4 jours (femelle), rares sur le péritoine. 1 après 5 jours, nombreuses.

Ajoutons que l'inoculation au cobaye de l'exsudat péritonéo-vaginal des animaux inoculés avec ces produits s'est montrée inoffensive.

Conclusions. — L'inoculation intra-péritonéale au cobaye et au rat blanc de cerveau de cobaye sain, mélangé ou non, après broyage, avec du phosphate de chaux, et celle de phosphate de chaux seul provoquent la *sortie* (Maurice Nicolle) de petits éléments bacilliformes ressemblant de tous points aux *Rickettsia*. Ils en ont la morphologie, le polymorphisme et les réactions tinctoriales. On les rencontre, sur les frottis de la séreuse (vaginale et péritonéale), le plus souvent à l'état libre, parfois englobés par des mononucléaires. La seule différence avec les *Rickettsia*, telles que les a décrites Mooser, est que nous n'avons jamais observé de cellules qui en fussent *bourrées*. De telles images n'ont été rencontrées par nous qu'exceptionnellement aussi chez nos cobayes, inoculés du virus mexicain de Mooser. Comme dans le cas des animaux inoculés avec ce dernier virus, leur nombre varie d'un animal à l'autre, même si l'on se place dans des conditions d'expériences identiques.

Il ne nous paraît pas douteux qu'il s'agisse de bactéries préexistant dans l'organisme du cobaye et du rat, donc en quelque sorte normales ou mieux

habituées, et que leur sortie et leur développement local soient le résultat de l'inoculation de la matière cérébrale elle-même ou du phosphate de chaux. Nous estimons qu'il est impossible de les distinguer, à l'examen microscopique, des corps rencontrés par Mooser et considérés comme les agents responsables de l'infection des cobayes et des rats, inoculés avec le virus du typhus.

HYDRAULIQUE. — *Sur la similitude des barrages à contractions latérales.* Note [1] de MM. **C. Camichel, L. Escande** et **G. Sabathe.**

Dans des expériences antérieures [2], nous avons étudié en détail les conditions d'écoulement et les lois de similitude relatives au déversement sur les barrages à seuil épais, en l'absence de contractions latérales. La technique actuelle, par l'emploi de barrages fixes surmontés de vannes mobiles, multiplie les cas où des piles interviennent dans l'écoulement, en créant des contractions souvent très notables. L'objet de la présente Note est de montrer dans quelle mesure la loi de similitude Reech-Froude s'applique à ces déversoirs à contractions latérales.

La figure 1 donne les dimensions du plus grand modèle, étudié au laboratoire de Banlève ; ce modèle est la reproduction à l'échelle 1/10 d'un barrage en projet. La figure 2 montre l'aspect de l'écoulement et l'importance des contractions, sous une charge de $0^{m},75$ au-dessus du seuil. Le débit Q, qui atteignait 2500 lit./sec. sur ce modèle, était mesuré par un déversoir de Bazin sans contractions latérales, monté en série avec le barrage étudié, en amont de celui-ci ; la charge H, au-dessus du seuil, était obtenue en piquant directement la surface de l'eau à 5 mètres en amont du barrage. La courbe (H, Q) correspondante est reproduite sur la figure 3 sur laquelle sont également reportés les résultats déduits des mesures effectuées sur 4 modèles réduits, semblables au précédent, et correspondant aux échelles respectives : 1/29,3, 1/100, 1/150 et 1/300 par application de la loi de similitude de Reech-Froude. La mesure des débits déversant sur les divers modèles réduits se faisait, soit au moyen de déversoirs de Bazin, soit par jaugeage.

On voit, sur la figure 3, que la loi de similitude est très sensiblement véri-

---

(1) Séance du 29 février 1932.

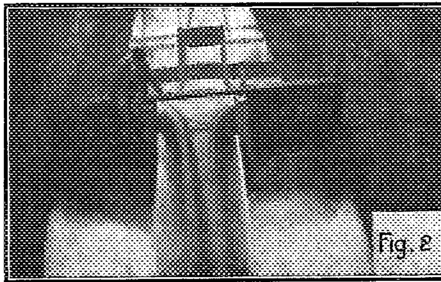
(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 99 ; **186**, 1928, p. 28 ; **187**, 1928, p. 756.

fiée dans les divers modèles; toutefois, les débits correspondant aux plus petits modèles ont tendance à être relativement plus élevés; ce fait s'explique par la différence des contractions qui sont beaucoup plus notables sur le modèle de Banlève, comme on peut s'en rendre compte par l'examen de la figure 4, sur laquelle sont représentés les profils en travers de la surface libre dans les plans verticaux Δ_1 et Δ_2, relevés d'une part sur le barrage de Banlève et déduits d'autre part, par similitude, des mesures faites sur le modèle au 1/150.

Ces expériences nous ont montré l'existence d'une discontinuité dans l'écoulement sur le barrage. Pour une charge de l'ordre de $0^m,55$, la nappe déversante cesse d'adhérer au parement aval du barrage, un décollement se produit et l'air remonte sous la nappe; les figures 5 et 6 montrent l'aspect de la lame déversante avant et après l'apparition du décollement. L'explication de ce fait réside dans la dépression que la courbure des filets liquides fait naître au sommet du parement aval du barrage déversoir; cette dépression que nous avons mise en évidence et expliquée dans nos études antérieures (¹), croît avec la charge commandant l'écoulement; dans le cas des barrages sans contractions latérales, le décollement ne se produit pas parce que la lame déversante empêche l'air d'accéder dans la zone où règne la dépression, à moins que, au moyen d'un tube, ou même simplement par le sillage d'une tige appuyée sur le parement, on mette en communication cette zone avec l'atmosphère; au contraire, par suite de la présence des piles, l'air accède aux deux côtés de la lame, dans le cas de barrages à contractions latérales, et, pour une charge correspondant à une valeur suffisante de la dépression, il est brusquement aspiré sous la nappe. Le phénomène de décollement correspond à une discontinuité, d'ailleurs très faible, dans la valeur du débit qui diminue très légèrement au moment du décollement. Le même phénomène se constate sur les petits modèles, mais pour des charges qui ne sont pas homologues, et qui sont, en valeurs relatives, d'autant plus fortes que le modèle est à plus petite échelle.

On voit, par les résultats précédents, en raison des grandes dimensions utilisées et des rapports élevés de similitude mis en jeu, que l'étude sur modèles réduits des barrages déversoirs à contractions latérales, doit être considérée comme fournissant des résultats pratiquement exacts pour l'évaluation du coefficient de débit de ces ouvrages. Quant à la dépression située

(¹) *Loc. cit.*


Fig. 2

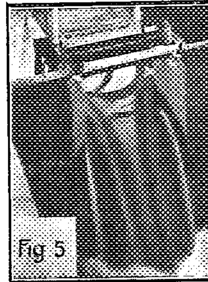

Fig 5


Fig. 6

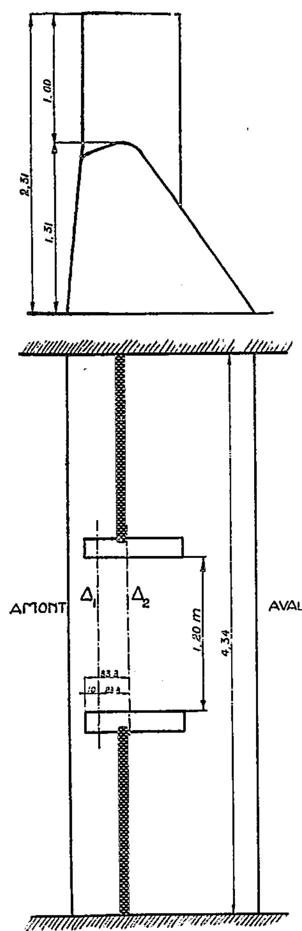


Fig. 1

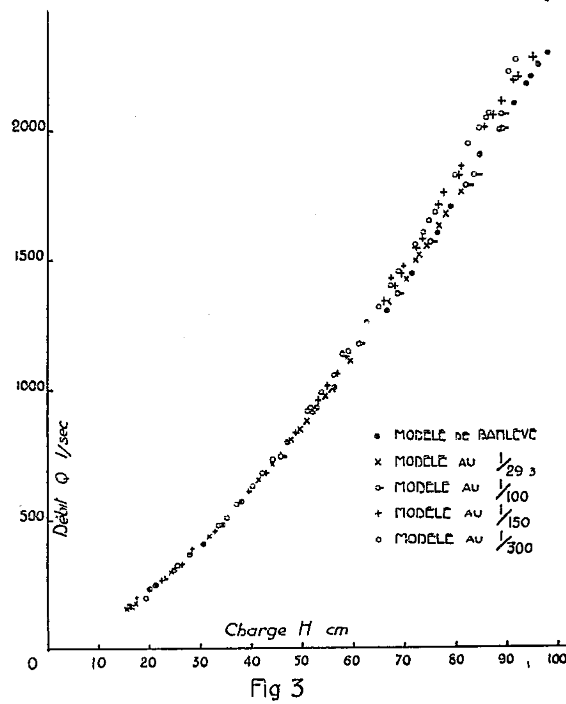


Fig 3

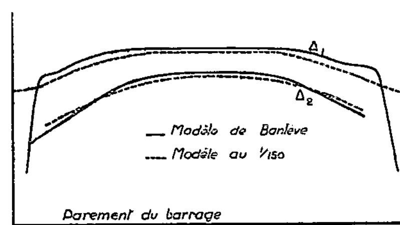


Fig 4

à la partie supérieure du parement aval, et au phénomène de décollement qui en est la conséquence, il convient de remarquer qu'ils résultent du profil défectueux du barrage étudié, et qu'un tracé judicieux du parement permet de les éliminer.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la valeur comparative de divers catalyseurs dans la formation des éthers-sels.* Note de M. **Jean-Baptiste Senderens.**

I. Des recherches faites en commun avec M. Aboulenc [1] nous avaient montré que, dans la préparation de l'éther acétique *par distillation* d'un mélange équimoléculaire d'acide acétique et d'alcool à 95°, l'acide sulfurique pouvait être remplacé, comme catalyseur auxiliaire, par le sulfate d'alumine anhydre et par le bisulfate de potassium.

J'ai repris cette question sous une autre forme et en l'étendant à d'autres catalyseurs. Voici quelques résultats de ces recherches que je poursuis.

II. Le mélange d'une molécule d'acide acétique (60^g) et d'une quantité d'alcool à 95°, renfermant une molécule d'éthanol (46^g), a été additionné de $8^g,2$ d'acide sulfurique à 66°B., soit $1/12^e$ de molécule SO^4H^2, et abandonné à la température ambiante (8 à 10°).

Les proportions d'acide acétique éthérifié ont été :

	Pour 100.
Aussitôt après l'introduction de SO^4H^2	37
Après 20 minutes	48
Après 60 minutes	54,8
Après 2 heures	57,6
Après 24 heures	67,3
Après 9 jours	70

Dans une autre expérience et avec un mélange identique d'acide acétique et d'alcool, les $8^g,2$ d'acide sulfurique ont été remplacés par le double de leur poids (exactement 16^g) de bisulfate de sodium fondu et pulvérisé, renfermant $6^g,5$ d'acide sulfurique non saturé et correspondant à $1/15(SO^4HNa)^2$.

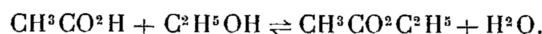
Comme le bisulfate de sodium se ramassait au fond dn ballon, je le disséminais dans le mélange liquide par une forte agitation au moyen d'un moteur électrique.

(1) Senderens et Aboulenc, *Comptes rendus*, 151, 1911, p. 167, et *Ann. Chim.*, 9e série, 18, 1923, p. 147.

L'éthérification de l'acide acétique a été :

Après 1 heure	16,3 pour 100
Après 2 heures	26 »

III. Dans les expériences suivantes le mélange équimoléculaire d'éthanol et d'acide acétique était chauffé à l'ébullition, en présence de catalyseurs, dans un ballon surmonté d'un réfrigérant ascendant. Les produits volatils étant constamment ramenés dans la masse on se trouvait toujours en présence du même système :



$$CH^3CO^2H + C^2H^5OH \rightleftharpoons CH^3CO^2C^2H^5 + H^2O.$$

On a eu de la sorte :

Catalyseurs.	Proportion pour 100 d'acide acétique éthérifié : après 10 minutes.	après 20 minutes.	après 60 minutes.
$1/12\,SO^4H^2 = 8^g,2$	70,6	71,15	71,15
$1/12\,PO^4H^3 = 8^g,2$	26,9	38,4	50,4
$1/15\,(SO^4HNa)^2 = 16^g$	61,5	63,9	64,8
$1/15\,(SO^4HK)^2 = 18^g$	37,5	56,7	61
$1/15\,(SO^4)^3Al^2 = 23^g$	36,5	55,7	63,8

IV. J'ai remplacé l'éthanol par un alcool secondaire, le propanol$_2$



$$CH^3.CHOH.CH^3$$

(alcool isopropylique). Porté à l'ébullition en présence des mêmes catalyseurs, un mélange équimoléculaire de cet alcool (60^g) et d'acide acétique (60^g) a donné :

Catalyseurs.	Proportion pour 100 d'acide acétique éthérifié : après 10 minutes.	après 20 minutes.	après 60 minutes.
$1/12\,SO^4H^2$	59,2	60	60
$1/15\,(SO^4HNa)^2$	51,1	53,8	60
$1/15\,(SO^4HK)^2$	7,6	17,4	26,6
$1/15\,(SO^4)^3Al^2$	13	27,7	45,6

Avec l'alcool propylique primaire (propanol, $CH^3.CH^2.CH^2OH$) on a eu après 1 heure d'ébullition :

Catalyseurs.	Acide acétique éthérifié
$1/12\,SO^4H^2$	69 pour 100
$1/15\,(SO^4HNa)^2$	68,8 »
$1/15\,(SO^4HK)^2$	64,7 »

Par où l'on voit que le changement d'alcool apporte des différences

notables et parfois assez inattendues dans l'éthérification sous l'influence des divers catalyseurs.

V. Il en est de même lorsqu'on change l'acide en conservant l'alcool comme dans l'exemple suivant du mélange équimoléculaire d'acide propionique, $CH^3.CH^2.CO^2H$ (74^g) et d'éthanol (46^g).

	Proportion pour 100 d'acide propionique éthérifié :		
Catalyseurs.	après 10 minutes.	après 30 minutes.	après 60 minutes.
1/12 SO^4H^2	70,8	72,4	72,4
1/15 $(SO^4HNa)^2$	67,3	69,3	72
1/15 $(SO^4HK)^2$	29,5	49,4	61,6
1/15 $(SO^4)^3Al^2$	40	60,3	69,5

VI. On aurait pu croire que l'action catalytique des bisulfates serait due à leur dédoublement en acide sulfurique et sulfate neutre



$$(SO^4HNa)^2 = SO^4H^2 + SO^4Na^2.$$

Dans cette hypothèse j'avais pris des doses de bisulfate (16^g et 18^g) où la proportion d'acide non saturé, 6^g,5 se rapprochait de 8^g,2 d'acide sulfurique employé seul.

Les faits suivants ne sont pas favorables à cette manière de voir :

1° Les rendements en éther sont sensiblement les mêmes avec 10^g et même avec 7^g de bisulfates qu'avec 16^g ou 18^g;

2° A la fin de chaque opération les gâteaux résiduels de bisulfates ont une acidité qui ne diffère guère de celle du début;

3° Ces gâteaux résiduels peuvent servir de catalyseurs pour une série d'éthérifications comme dans l'exemple suivant où 7^g de bisulfate de sodium ont éthérifié le mélange équimoléculaire 3 fois renouvelé d'acide acétique et de propanol $CH^3.CH^2.CH^2OH$.

Propanol et acide acétique.	Catalyseurs.	Acide acétique éthérifié pour 100.
Premier mélange	$SO^4HNa = 7^g$	68,8
Deuxième mélange	1er résidu	64,3
Troisième mélange	2e résidu	63,6
Quatrième mélange	3e résidu	61

Les bisulfates alcalins auraient donc, tout comme le sulfate d'alumine une activité catalytique propre, celle du complexe $SO^4H^2.SO^4M^2$, dans lequel l'énergie catalytique de la fonction acide serait plus ou moins modifiée par le sel neutre qui est catalytiquement inactif.

ÉCONOMIE RURALE. — *Application du diagnostic foliaire : il suggère, contrôle et limite le redressement alimentaire d'une vigne mal nourrie.* Note (¹) de MM. **Henri Lagatu** et **Louis Maume.**

Nos recherches, poursuivies depuis 1923, sur le chimisme de la feuille de la vigne Aramon greffée sur *Rupestris* nous mettent en mesure de dire qu'une des caractéristiques de la bonne alimentation de ce cépage, pour sa très forte production en raisins, consiste, chez la feuille prise à la base des rameaux fructifères, en une teneur en potasse égale ou supérieure, dans chaque échantillon, à la moyenne des teneurs simultanées en azote et en acide phosphorique.

Cela posé, nous pouvons interpréter techniquement les diagnostics foliaires que nous avons relevés en 1929, 1930, 1931, dans la plaine d'alluvions argilo-calcaires de Mauguio près Montpellier, sur une vigne d'expériences d'Aramon sur *Rupestris*.

Aux cinq parcelles de 400 souches dont il s'agit ici nous avons conservé les désignations 2, 7, 1, C, E, de la vigne d'expériences, qui comprend dix-sept parcelles et qui fera dans un autre Recueil l'objet d'un mémoire détaillé. Nous avons pu doser la chaux en 1929, année de traitement au verdet contre le mildiou; le traitement à la bouillie bordelaise a empêché ce dosage en 1930 et 1931. Nous avons inscrit sur le graphique, pour 1930 et 1931, les rendements par hectare en hectolitres de vin calculés d'après le poids des raisins de quarante souches. Nous avons aussi inscrit pour 1931 le degré alcoolique d'après le mustimètre.

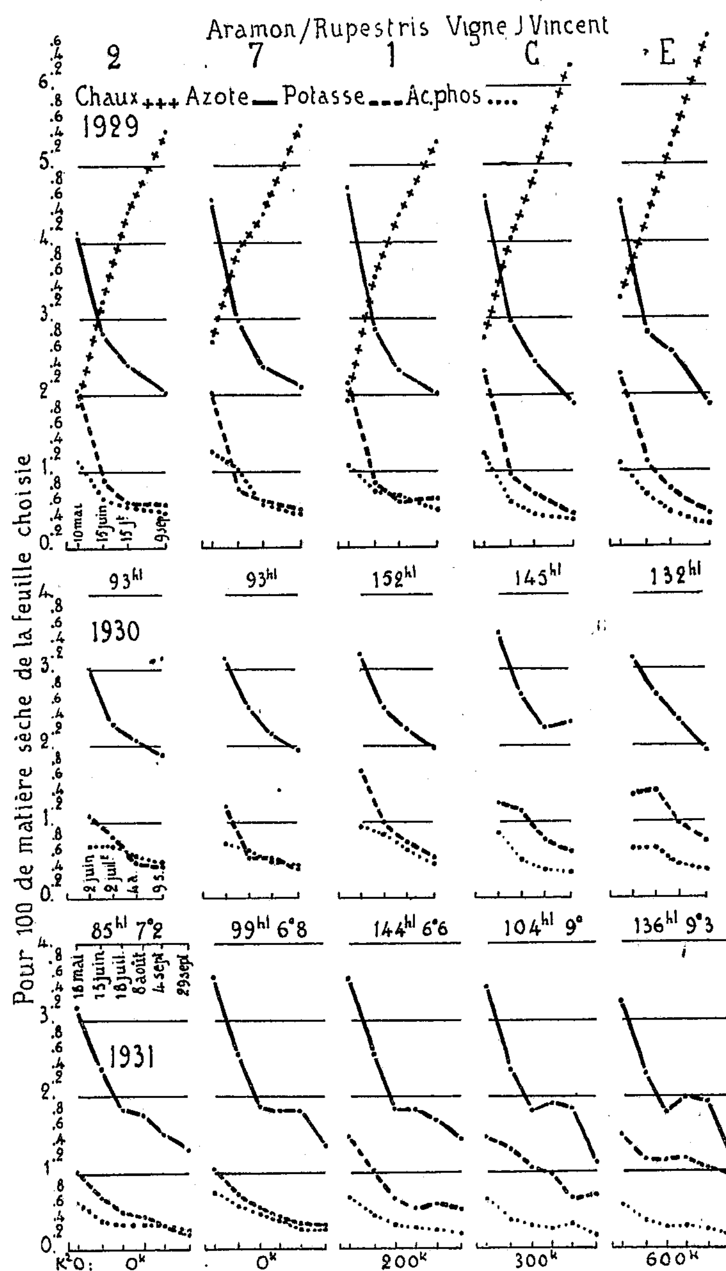
Parcelle 2. — Aucun engrais. En 1929, la teneur en potasse de la feuille, déjà faible au 10 mai, devient gravement insuffisante le 15 juin; la carence manifeste de la potasse subsiste jusqu'en septembre. En 1930, cette carence s'accentue au point que la potasse devient inférieure à l'acide phosphorique. En 1931, mêmes constatations.

Parcelle 7. — Aucun engrais potassique; mais chaque année par hectare 100^{kg} d'azote du nitrate de soude du Chili et 100^{kg} d'acide phosphorique du basiphosphate. Le diagnostic foliaire présente exactement les mêmes phénomènes de carence de potasse.

Les symptômes pathologiques accompagnant la déficience de potasse dans la feuille ont été, pendant les trois années, exactement les mêmes dans ces deux parcelles :

(¹) Séance du 8 février 1932.

1° brunissure des feuilles (symptôme depuis longtemps rattaché au manque de potasse par Louis Ravaz et Léon Sicard) allant en croissant de la première à la troi-



sième année; 2° rabougrissement des rameaux; 3° en 1931, à partir de juillet, jaunissement croissant des feuilles, en sorte que ces deux parcelles se détachaient de loin au

regard; 4° développement restreint et maturation très incomplète des raisins. La vitalité de la souche est compromise.

Parcelle 1. — Fumure : mêmes formes et quantités d'azote et d'acide phosphorique que dans la parcelle 7; avec, en surplus, en 1929, potasse 120^{kg} à l'hectare; en 1930 et en 1931, potasse 200^{kg}, toujours en chlorure de potassium. L'effet de la fumure potassique sur le diagnostic foliaire a été nul en 1929, sensible mais faible en 1930, plus marqué en 1931.

Assez nombreuses feuilles avec brunissure modérée; pas de jaunissement en 1931.

Parcelle C. — Fumure : en 1929 et 1930, apport par le propriétaire d'une fumure modérée de guano à 2 pour 100 de potasse; en 1931, tourteau. Nous avons épandu en surplus chaque année 300^{kg} à l'hectare de potasse du chlorure de potassium. L'effet de cette forte fumure potassique s'est fait sentir sur le diagnostic foliaire dès 1929, plus encore en 1930; il a été très marqué, quoique encore insuffisant, en 1931.

Rares feuilles avec brunissure peu grave; pas de jaunissement en 1931; développement moyen des rameaux et des raisins.

Parcelle E. — Fumure : la même que dans la parcelle *C* pour l'azote et l'acide phosphorique. Nous avons épandu en surplus 600^{kg} à l'hectare de potasse du chlorure. L'effet de cette très forte fumure potassique s'est fait nettement sentir sur le diagnostic foliaire dès 1929, sans cependant approcher de l'équilibre optimum; cet optimum a été approché en 1930 et à peu près atteint en 1931.

Aucun symptôme pathologique. Feuilles grandes, d'un vert foncé, sans aucune trace de brunissure ni de jaunissement; rameaux longs et forts; raisins gros, sains, bien mûrs à la vendange.

Conclusions. — 1° La terre, épuisée en potasse, n'a retrouvé une valeur alimentaire suffisante qu'après trois apports annuels de 600^{kg} de potasse K^2O par hectare. Les apports inférieurs n'ont pu, dans le même laps de temps, saturer la capacité d'inhibition du sol.

2° A lui seul, le diagnostic foliaire a suffi pour permettre de pronostiquer le prochain dépérissement de la vigne par carence excessive de potasse; de suivre et de mesurer toutes les phases du redressement alimentaire; de reconnaître enfin que l'équilibre normal a été atteint en 1931 dans une seule parcelle; le tout en parfaite concordance avec les symptômes pathologiques et leur atténuation progressive.

M. C. **Sauvageau** fait hommage à l'Académie de deux Mémoires qu'il vient de publier sous les titres *Le Pléthysmothalle* et *Sur quelques Algues phosphorées de la rade de Villefranche* (*Alpes-Maritimes*).

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un membre de la Section de Mécanique en remplacement de M. *G. Kœnigs* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 59,

M. Henri Villat	obtient.........	37 suffrages
M. Ernest Vessiot	»	15 »
M. Louis de Broglie	»	5 »
M. Prosper Charbonnier	»	2 »

M. **Henri Villat**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des commissions de prix de 1932, ouvert en la séance du 29 février, est clos en celle du 7 mars.

45 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Poncelet, Francœur*. — MM. Émile Picard, Painlevé, Hamy, Lecornu, Hadamard, Goursat, Émile Borel, Lebesgue, Cartan.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. d'Ocagne, Drach.

II. Mécanique : *Prix Montyon, Fourneyron, Henri de Parville, fondation Henry Bazin*. — MM. Émile Picard, Vieille, Lecornu, Goursat, Mesnager, Émile Borel, Drach, Jouguet, Villat.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Laubeuf, M. d'Ocagne.

III. Astronomie : *Prix Lalande, Damoiseau, Valz, Janssen, La Caille, fondation Antoinette Janssen*. — MM. Émile Picard, Deslandres, Baillaud, Hamy, Lebesgue, A. Cotton, Esclangon, Maurain, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Fichot, Ch. Fabry.

IV. Géographie : *Prix Delalande-Guérineau, Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux.* — MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Fichot, Perrier, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. Lacroix, Ch. Maurain.

V. Navigation : *Prix du Ministère de la Marine, Plumey.* — MM. Émile Picard, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Mesnager, Laubeuf, Fichot, Perrier, Charcot, Drach, Jouguet, Villat, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. Lacroix, E. Borel.

VI. Physique : *Prix La Caze, Hébert, Hughes, fondation Clément Félix.* — MM. Émile Picard, Villard, Branly, Paul Janet, Brillouin, Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Fabry.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Émile Borel, A. de Gramont.

VII. Chimie : *Prix Montyon des arts insalubres, Jecker, La Caze, fondation Cahours, prix Houzeau.* — MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Urbain, Gabriel Bertrand, Desgrez, Matignon, Delépine, R. Fosse.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrin, M. de Broglie.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix Fontannes, Victor Raulin, Demolombe.* — MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Mangin, L. de Launay, Sabatier, Cayeux, Ch. Jacob.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrin, A. Cotton.

IX. Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, de Coincy.* — MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Gabriel Bertrand, Molliard, Blaringhem.

A obtenu ensuite le plus de suffrages : M. Viala.

X. Anatomie et Zoologie : *Prix Cuvier, fondation Savigny, prix Jean Thore.* — MM. A. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Marchal, Joubin, Mesnil, Gravier, Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Ch. Richet, Cuénot.

XI. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, Mège, Bellion, Larrey, Charles Mayer.* — MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette, Achard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Joubin, Lapicque.

XII. Physiologie : *Prix Montyon, La Caze, Pourat, Martin-Damourette, Philipeaux, Fanny Emden.* — MM. A. d'Arsonval, Roux, Mangin, Richet, Quénu, Mesnil, Gravier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Vincent, Lapicque.

XIII. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. Émile Picard, Lecornu, Lecomte, Émile Borel, M. d'Ocagne, Lebesgue, Drach.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Maurain, Cartan.

XIV. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux.* — MM. Émile Picard, Bouvier, L. de Launay, Richet, Émile Borel, Matignon, Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Joubin, M. d'Ocagne.

XV. Ouvrages de science : *Prix Henri de Parville.* — MM. Bourgeois, Charles Richet, Émile Picard, A. Lacroix, Émile Borel, Gravier, Paul Janet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Lebesgue, Caullery, M. d'Ocagne.

XVI. *Médailles Arago, Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré.* — MM. Bourgeois, Charles Richet, Émile Picard, A. Lacroix.

XVII. *Prix Gustave Roux, Thorlet, fondations Lannelongue, Trémont, Gegner, Hirn, Henri Becquerel, Mme Victor Noury, Charles Frémont.* — MM. Bourgeois, Charles Richet, Émile Picard, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier.

XVIII. *Prix fondé par l'État* (Grand prix des sciences mathématiques). — MM. Émile Picard, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat, Émile Borel, Lebesgue.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Drach, Cartan.

XIX. *Prix Alhumbert.* — MM. Émile Picard, Villard, Branly, Janet, M. d'Ocagne, Fabry, A. de Gramont.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Maurain, Cartan.

XX. *Prix Bordin* (Sciences physiques). — MM. Roux, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Dangeard, Joubin, Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Le Chatelier, Molliard.

XXI. *Prix Lallemand.* — MM. d'Arsonval, Bouvier, Marchal, Richet, Joubin, Mesnil, Gravier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Caullery, Lapicque.

XXII. *Prix Serres.* — MM. d'Arsonval, Bouvier, Marchal, Richet, Quénu, Leclainche, Joubin, Mesnil, Gravier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Caullery, Lapicque.

XXIII. *Prix Vaillant* (Sciences mathématiques). — MM. Émile Picard, Hamy, Villard, Branly, Émile Borel, M. d'Ocagne, Lebesgue.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Cotton, Maurain.

XXIV. *Prix Houllevigue* (Sciences physiques). — MM. Roux, Bouvier, A. Lacroix, Lecomte, Joubin, Mesnil, Gabriel Bertrand.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Gravier, Molliard.

XXV. *Prix Saintour* (Sciences physiques). — MM. Roux, Bouvier, A. Lacroix, Marchal, Dangeard, Mesnil, Molliard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. d'Arsonval, Gravier.

XXVI. *Prix Lonchampt.* — MM. d'Arsonval, Roux, A. Lacroix, Mangin, Richet, Leclainche, Gabriel Bertrand.

Ont obtenu ensuite le plus dè suffrages : MM. Mesnil, Vincent.

XXVII. *Prix Henry Wilde.* — MM. Émile Picard, Deslandres, A. Lacroix, Hamy, Émile Borel, Gabriel Bertrand, Perrin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Esclangon, Jacob.

XXVIII. *Prix Caméré.* — MM. Vieille, Le Chatelier, Lecornu, Mesnager, M. d'Ocagne, Séjourné, Drach.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Breton, Jouguet.

XXIX. *Prix Albert Ier de Monaco.* — MM. Bourgeois, Ch. Richet, Émile Picard, A. Lacroix et sept membres qui seront élus ultérieurement.

XXX. *Prix Hélène Helbronner-Fould.* — MM. Bourgeois, Ch. Richet, Émile Picard, A. Lacroix, Blondel, Paul Janet, Breton, M. d'Ocagne, M. de Broglie, Desgrez, Séjourné, Charcot, Helbronner, A. de Gramont.

XXXI. *Fondation Jérôme Ponti* (Sciences physiques). — MM. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Le Chatelier, Dangeard, Joubin, Molliard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Roux, Gravier.

XXXII. *Fondation Le Chatelier.* — MM. Le Chatelier, Charpy, Lumière, Laubeuf, Claude, Guillet, Rey.

XXXIII. *Fondation Roy-Vaucouloux.* — MM. Roux, Richet, Quénu, Bazy, Joubin, Mesnil, Vincent.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Gravier, Lapicque.

CORRESPONDANCE.

M. **P. de Vanssay**, élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Ministre du Commerce, des Postes, Télégraphes et Téléphones** prie l'Académie de vouloir bien désigner l'un de ses membres qui occupera, dans le *Conseil supérieur du Laboratoire national de Radioélectricité*, la place vacante par le décès de M. *G. Ferrié*.

M. **J. Vellard** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une représentation conforme canonique des aires multiplement connexes.* Note (¹) de M. **Gaston Julia**.

1. La surface de Riemann σ associée à une aire $(p+1)$ fois connexe $\mathfrak{A}$ du plan z par la relation $\zeta = F(z)$, F étant la fonction e^{U+iV} de M. de la Vallée Poussin, est contenue dans une surface de Riemann σ_1, simplement connexe, à p feuillets, limitée extérieurement par le cercle $|\zeta| = 1$, p fois parcouru (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 580). A toute courbe $C_k (k = 1, 2, \ldots, p-1)$, frontière de $\mathfrak{A}$, correspond une frontière γ_k de σ comprenant ν_k couples de points de rebroussement lorsque, sur C_k, la fonction $F'(z)$ a ν_k couples de zéros simples. γ_k dérive d'une courbe γ'_k de σ ou σ_1 (courbe $U = \lambda_k + 0$) par substitution aux *arcs de passage* λ_k des *arcs de rebroussement* respectivement associés. γ'_k est un cercle $|\zeta| = e^{\lambda_k}$ parcouru $\mu^{(k)}$ fois dans le même sens, en posant

$$\mu^{(k)} = 1 + \sum_{m=1}^{m=\nu_k} \mu_m^{(k)},$$

$\mu_m^{(k)}$ étant le nombre de feuillets des anneaux $[\lambda_{k-1}, \lambda_k]$ adjacents à l'anneau

(¹) Séance du 29 février 1932.

$[\lambda_k, \lambda_{k-1}]$ bordé par γ'_k. D'après la construction de σ_1 à partir de σ, γ'_k est une courbe *fermée sur* σ_1 et passant par ν_k points de ramification simples de σ_1. Pour passer de la partie de σ_1 intérieure à $|\zeta| = e^{\lambda_k}$ à la partie de σ intérieure à ce même cercle, il faut d'abord enlever le disque $|\zeta| < e^{\lambda_k}$ du feuillet k (¹), ce qui donne la réduite γ_{k,ν_k} de γ_k, puis pratiquer des fentes circulaires convenables et successives le long de portions d'*arcs directs* (²) de γ'_k sur les feuillets p, $(p-1)$, ..., $(k+1)$ de façon à obtenir les réduites successives $\gamma_{k,\nu_{k-1}}$, ..., $\gamma_{k,1}$ et enfin γ_k elle-même; les bords des fentes du côté des $U = \lambda_k + 0$ fourniront des *arcs directs* de γ_k et les bords de ces fentes du côté des $U = \lambda_k - 0$ fourniront les *arcs de rebroussement* de γ_k. On passe ainsi de γ'_k à γ_k, d'une part en *supprimant dans* γ'_k *les arcs de passage* $\alpha_m\beta_m$ $(m = 1, 2, \ldots, \nu_k)$, d'autre part *en les remplaçant par des arcs de rebroussement* $\alpha_m\beta_m$ *associés*.

2. Par $u = \Pi_0(\zeta)$, *fonction inverse d'un polynome* (³)

$$\zeta = P_0(u) = (u - u_1)(u - u_2)\ldots(u - u_p),$$

à racines distinctes et de degré p, on transforme σ_1 en une aire plane limitée par la cassinienne K_0, d'équation $|P_0(u)| = 1$, formée d'une boucle fermée qui entoure les p zéros u_j. En considérant successivement $k = 1, 2, \ldots, p$ pour examiner les images de $\gamma_1, \ldots, \gamma_p$, on voit par exemple que γ'_1 devient une cassinienne intérieure à K_0, ayant γ_1 points doubles à tangentes rectangulaires, formant $\nu_1 + 1$ boucles fermées. Il y a $\mu^{(1)}$ zéros u_j intérieurs à l'ensemble de ces boucles; la première de ces boucles, image du disque $|\zeta| < e^{\lambda_1}$ du premier feuillet entoure un seul zéro; les autres boucles, en nombre ν_1, images des frontières $U = \lambda_1 - 0$ des divers $\sigma_m^{(1)}$ adjacents à γ'_1, entourent respectivement $\mu_1^{(1)}, \mu_2^{(1)}, \ldots, \mu_{\nu_1}^{(1)}$ zéros de P_0 : l'intérieur de ces boucles est l'image des portions $U < \lambda_1$ de σ_1 adjacentes à γ'_1 et jouera un rôle analogue à l'intérieur de K_0 lorsqu'on passera par récurrence de l'indice 1 à l'indice 2. Pour obtenir l'image de γ_1 il faut, sur chacune des ν_1 dernières boucles, enlever l'arc de passage $A_m B_m$ (⁴), image de l'arc de passage $\alpha_m\beta_m$ de la courbe γ'_1 considérée; l'intérieur de la première boucle

(¹) Les disques $|\zeta| < e^{\lambda_k}$ des feuillets 1, 2, ..., $(k-1)$ ont été enlevés dans les opérations précédentes, de rang $< k$ concernant $C_1, C_2, \ldots, C_{k-1}$.

(²) Arcs distincts des arcs de passage.

(³) Tous les polynomes pouvant convenir sont du type $P(u) = P_0(ue^{i\theta} + b)$, θ constante réelle et b constante complexe arbitraire.

(⁴) L'un des points A_m ou B_m peut être un point double de la boucle afférente lorsqu'on normalise convenablement le prolongement σ_1 de σ.

devra être enlevé du plan u pour passer de la représentation de σ_1 à celle de σ. Ces opérations faites, l'image de γ_1 est une cassinienne K_1, d'équation $|P_0(u)| = e^{\lambda_1}$, à ν_1 points doubles, dont la première boucle est conservée intégralement et les ν_1 autres sont amputées des arcs de passage $A_m B_m$ ($m = 1, 2, \ldots, \nu_1$), les arcs restants étant décrits chacun deux fois. On appliquera la même méthode à $k = 1, 2, \ldots, p$, et l'on obtiendra *de σ une image conforme canonique* $\dot{D}$, *limitée à l'extérieur par* K_0, *et à l'intérieur par p cassiniennes* $K_1, K_2, \ldots, K_p$. La cassinienne K_p est un ovale simple entourant un seul zéro u_p. La cassinienne K_j ($j = 1, 2, \ldots, p-1$), sur laquelle $|P_0(u)| = e^{\lambda_j}$, est composée d'*une boucle fermée* entourant un seul zéro de P_0 et de ν_j *boucles tronquées* comme précédemment suivant les arcs de passage correspondants; elle possède ν_j points doubles à tangentes rectangulaires; topologiquement c'est une BOUCLE *fermée adjacente à un ou plusieurs* ARBRES EXTÉRIEURS, en sorte que la portion du plan u, connexe avec l'∞, et *non située sur k_j est simplement connexe* [ν_j est le nombre des couples de zéros simples de F' sur C_j; a étant le nombre de ces zéros intérieurs à $\mathfrak{A}$, on aura $a + \sum_{k=1}^{p-1} \nu_k = p - 1$]. Par $u = \Pi_0[F(z)]$, tirée de $P_0(u) = F(z)$, $\mathfrak{A}$ est représentée conformément sur l'aire canonique $(p+1)$ connexe D composée des points *intérieurs à* K_0 et *extérieurs aux boucles et arbres de toutes les cassiniennes* $K_1, K_2, \ldots, K_p$.

3. Par $v = \rho_0[F(z)]$, tirée de $R_0(v) = F(z)$, R_0 étant une fraction rationnelle de degré p à cercle fondamental représentant conformément σ_1 sur $|v| < 1$, $\mathfrak{A}$ est représentée conformément sur une aire canonique D′, analogue à D, mais limitée par des *cassiniennes généralisées* $K'_0, K'_1, \ldots, K'_p$, relatives à R_0. K'_0 *est le cercle fondamental* $|R_0(v)| = |v| = 1$ entourant les p zéros de R_0; la *cassinienne généralisée* K'_j, sur laquelle

$$|R_0(v)| = e^{\lambda_j} \qquad (j = 1, 2, \ldots, p-1)$$

est, comme K_j, une cassinienne à ν_j points doubles et $(\nu_j + 1)$ *boucles, tronquée suivant les ν_j arcs de passage* provenant des ν_j couples de zéros de F' situés sur C_j et comportant du point de vue topologique *une boucle fermée* et *un ou plusieurs arbres extérieurs adjacents*.

La cassinienne K'_p se réduit à un ovale $|R_0(v)| = e^{\lambda_p}$ entourant un seul zéro de R_0.

4. Deux aires $\mathfrak{A}$ et $\mathfrak{A}_1$ du plan z, *représentables conformément l'une sur*

l'autre admettent *la même surface de Riemann* σ (à une rotation près sans importance), laquelle, prolongée suivant σ_1 de la même manière, conduira à deux images canoniques D et D_1, *euclidiennement égales dans le plan* u, ou à deux images D′ et D'_1, *égales non euclidiennement* dans le plan non euclidien v constitué par $|v| < 1$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une invariance d'intégrales doubles attachée à toute équation différentielle ordinaire du premier ordre.* Note [1] de M. **A. Buhl.**

J'ai déjà appelé *formule de Stokes pour espaces à canaux* le cas particulier de la formule classique qui s'écrit

$$\int_\Sigma U\,dA + V\,dB = \int\int_\sigma \left(\frac{\partial V}{\partial A} - \frac{\partial U}{\partial B}\right) \begin{vmatrix} \alpha & \beta & \gamma \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} d\sigma. \tag{1}$$

Ici A et B sont des fonctions quelconques de x, y, z; les indices se rapportent à des dérivations partielles. U et V sont des fonctions quelconques de A et B. Le produit de $d\sigma$ et du déterminant est une simple transformation de $dA\,dB$, produit dont les facteurs sont constants le long des *canaux*, à section quadrilatérale, sur les faces desquels A, B, $A + dA$, $B + dB$ sont constants. Dans ces conditions l'intégrale double de (1) se conserve quand on passe de la cloison σ à toutes celles qui s'en déduisent par *projections canales*.

Venons tout de suite au cas très particulier où $A(x, y, z)$ et $B(x, y, z)$ sont homogènes d'ordre zéro. Les canaux sont alors des cônes de sommet O. On a, avec Ψ homogène d'ordre -3,

$$xA_x + yA_y + zA_z = 0, \qquad xB_x + yB_y + zB_z = 0,$$

$$\frac{A_yB_z - A_zB_y}{x} = \frac{A_zB_x - A_xB_z}{y} = \frac{A_xB_y - A_yB_x}{z} = \Psi(x, y, z).$$

Soit maintenant une surface S dont l'équation sera, comme il est toujours possible, mise sous la forme $f(X, Y, Z) = 1$, avec f homogène d'ordre 1. Posons

$$\Lambda(A, B) = \frac{\partial V}{\partial A} - \frac{\partial U}{\partial B}.$$

(1) Séance du 29 février 1932.

En suivant le canal de section $d\sigma$, on a

(2) $$\Lambda(A, B)(\alpha x + \beta y - \gamma z)\Psi\, d\sigma = \frac{\Lambda(A, B)}{\Theta(X, Y, Z)}\Psi \frac{f}{f_Z}\Theta(X, Y, Z)\, dX\, dY.$$

Soit encore, plus précisément, dans le second membre de (2),

$$A = \frac{Z}{X}, \qquad B = \frac{Y}{X},$$

d'où

$$\Psi = -\frac{1}{X^3}; \qquad f = Z\lambda(A, B), \qquad f_Z = (A\lambda)_A.$$

La fonction Θ étant à prendre sur S, on peut écrire

(3) $$\frac{\Psi(X, Y, Z)}{\Theta\left(\frac{X}{f}, \frac{Y}{f}, \frac{Z}{f}\right)}\frac{f}{f_Z} = -\frac{(A\lambda)^3}{(A\lambda)_A f^2}\frac{1}{\Theta\left(\frac{1}{A\lambda}, \frac{B}{A\lambda}, \frac{1}{\lambda}\right)} = \Delta(f, A, B);$$

le second membre étant, comme l'indique le troisième, exprimé en f, A, B.

Sur S, l'expression $\Delta(f, A, B)$ devient $\Delta(1, A, B)$ et, si l'on prend

$$\Lambda(A, B) = \frac{1}{\Delta(1, A, B)},$$

on obtient, d'après (2) et (3),

(4) $$\int\int_S \Theta(X, Y, Z)\, dX\, dY = \int\int_\sigma \Theta\left(\frac{x}{z\lambda}, \frac{y}{z\lambda}, \frac{z}{z\lambda}\right)\frac{(A\lambda)_A}{z^3\lambda^3}(\alpha x + \beta y + \gamma z)\, d\sigma.$$

Dans l'intégrale double du second membre, il faut évidemment lire $A(x, y, z)$ et $B(x, y, z)$. Cette intégrale est *stokienne*. C'est déjà un résultat remarquable que la première intégrale double de (4), quelconque sur une cloison S, puisse être exprimée par une intégrale stokienne attachée à une cloison σ projection *canale* (ici *conique*) de S.

Ce résultat subsistera encore pour des surfaces

$$f = Z\mu(A, B) = 1,$$

avec μ plus général que λ, sous la condition que l'on ait

(5) $$\frac{1}{(A\mu)^3}\frac{\partial(A\mu)}{\partial A}\Theta\left(\frac{1}{A\mu}, \frac{B}{A\mu}, \frac{1}{\mu}\right) = \frac{1}{(A\lambda)^3}\frac{\partial(A\lambda)}{\partial A}\Theta\left(\frac{1}{A\lambda}, \frac{B}{A\lambda}, \frac{1}{\lambda}\right).$$

C'est là une équation de la forme

$$\frac{\partial(A\mu)}{\partial A}\Phi(A, A\mu, B) = \frac{\partial(A\lambda)}{\partial A}\Phi(A, A\lambda, B),$$

ou, plus simplement,

$$\frac{dM}{dA}\Phi(A, M, B) = \frac{dN}{dA}\Phi(A, N, B). \tag{6}$$

Avec cette dernière notation, B ne joue plus qu'un rôle paramétrique.

On voit qu'on aboutit en (6) à l'équation différentielle ordinaire du premier ordre, aussi générale que possible et supposée simplement mise sous une forme faisant apparaître la solution *particulière* $M = N$.

Inversement, *étant donnée une équation* (6), *on peut toujours la mettre sous la forme* (5) *et remonter de là, dans l'espace rapporté à des axes rectangulaires* OXYZ, *à une famille de surfaces correspondant à l'intégrale générale de* (6), *famille sur laquelle un cône quelconque, de sommet* O, *découpe une infinité de cloisons* S *pour lesquelles l'intégrale double* (4) *est invariante.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorèmes sur la convergence des séries de Taylor lacunaires.* Note [1] de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Jacques Hadamard.

La continuité de $f(z) = \Sigma a_n z^n$ en un point du cercle de convergence (de rayon un) n'impose aucune condition à la croissance des coefficients.

D'ailleurs la régularité en un tel point n'entraîne pas davantage une limitation de la croissance des $|a_n|$. On sait, au contraire, que quelle que soit la suite $r_n > 0$, telle que $\overline{\lim}\sqrt[n]{r_n} = 1$, on peut construire une fonction $f(z) = \Sigma a_n z^n$ n'admettant qu'un point singulier sur le cercle de convergence (de rayon un) et telle que $|a_n| > r_n$ [2].

On sait d'autre part que la série $\Sigma c_n z^{m_n}$ admet le cercle de convergence comme coupure si les m_n sont assez espacés. La démonstration de M. Ostrowski [3] du théorème de M. Hadamard (le cercle de convergence est une coupure si $m_{n+1} > \lambda m_n$, $\lambda > 1$) rattache la « surconvergence » des séries lacunaires aux faits de ce genre. Les théorèmes de MM. Kolmogoroff, Sidon et Zygmund [4] montrent l'influence de telles lacunes sur

(1) Séance du 29 décembre 1932.

(2) Voir Pólya, *Acta mathematica*, 41, 1916, p. 110 et 113.

(3) *Sitzungsb. de l'Ac. de Berlin*, 34, 1921, p. 557.

(4) Voir Tonelli, *Serie trigonometriche* (Bologne, Zanichelli, 1928), p. 270, 306; Sidon, *Math. Zeitschrift*, 34, 1932, p. 841, et Zygmund, *The Journal of the London Math. Soc.*, 5, 1930, p. 138.

la rapidité de la décroissance des coefficients d'une série de Fourier $\Sigma(a_n \cos m_n x + b_n \sin m_n x)$. Citons, enfin, le théorème de M. Fabry [1], d'après lequel les lacunes $(m_{n+1} - m_n > \delta\sqrt{m_n \mathrm{L} m_n})$ uniformisent, en quelque sorte, les singularités sur le cercle de convergence : elles deviennent du même ordre, au sens de M. Hadamard.

L'ensemble de ces faits incite à croire que le fait signalé dans le premier alinéa de cette Note cesse d'être vrai lorsqu'il a de grandes lacunes. Les théorèmes qui suivent justifient cette hypothèse.

Soit $f(z) = \Sigma a_n z^{m_n}$ *une série entière de rayon de convergence un et telle que*

$$\frac{m_{n+1}}{m_n} > \lambda > 1. \tag{1}$$

I. *Si* $f(z)$ *est bornée dans un domaine* D_δ *défini par les inégalités :*

$$|1 - z| < \delta, \qquad |z| < 1, \tag{2}$$

alors il existe un nombre M *tel que* $|a_n| < M$ $(n = 0, 1, \ldots)$.

II. *Si pour* δ *assez petit on a dans* D_δ

$$|f(z) - C| < \varepsilon(\delta), \tag{3}$$

où C *est une constante et où* $\varepsilon(\delta) \to 0$ *avec* $\delta \to 0$, *alors* $\lim a_n = 0$.

III. *Le fait que pour* δ *assez petit, on a dans* D_δ

$$|f(z) - C| < [-\log\delta]^{-2-\gamma} \qquad (\gamma > 0 \text{ fixe}), \tag{4}$$

entraîne la convergence de la série

$$\Sigma |a_n|. \tag{5}$$

Le théorème III est un cas particulier du théorème suivant :

IV. *Si, en désignant par* $\Theta(t)$ *une fonction croissante* $(t > 0)$ *telle que*

$$n = \Theta(m_n), \tag{6}$$

on a, pour δ *assez petit, dans* D_δ,

$$|f(z) - C| < [\Theta(\delta^{-2-\varepsilon})]^{-2-\gamma} \qquad (\varepsilon \text{ et } \gamma > 0 \text{ fixes}), \tag{7}$$

alors la série (5) *converge.* [*On suppose, comme toujours* (1).]

Le théorème IV résulte du fait suivant :

Si (1) *a lieu et si pour* δ *assez petit on a dans* D_δ

$$|f(z) - C| < A(\delta) \tag{8}$$

où $A(\delta) \to 0$ *lorsque* $\delta \to 0 (\delta > 0)$, *alors, en désignant par* $n_i (i = 1, 2, \ldots)$

---

[1] *Comptes rendus*, 151, 1910, p. 922.

une suite d'entiers croissants tel que

(9) $$i \sim \left[\Lambda\left(m_{n_i}^{-\frac{1}{2+\varepsilon}}\right)\right]^{-\frac{1}{2+\gamma}} \qquad (\varepsilon \text{ et } \gamma > 0 \text{ fixes}),$$

la série

(10) $$\sum_{i=1}^{\infty} |a_{n_i}|$$

converge,

Indiquons la démonstration des théorèmes énoncés. Soit p un entier tel que $p+1 < \lambda p$ et posons

(11) $$z = \frac{x^p + x^{p+1}}{2} = \tau(x) \quad (^1), \qquad F(x) = \Sigma a_n \left(\frac{x^p + x^{p+1}}{2}\right)^{m_n} = \Sigma b_k x^k, \quad (12)$$

Il existe une quantité $\omega > 0$ et une quantité $\beta = \beta(\omega) > 0$ telles que

(13) $$|\tau[(1+\alpha\varphi^2)e^{i\varphi}]| \leqq \sqrt{1-\beta\varphi^2} \qquad (0 \leqq \alpha \leqq \omega, \ |\varphi| \leqq \pi).$$

Désignons par C_n la courbe dont les coordonnées polaires r, φ sont liées par la relation $r = 1 + \omega\varphi^2 - (n+1)^{-1} \ (-\pi \leqq \varphi \leqq \pi)$.

En posant $p_n = (2p+1)E(m_n/2) + p + 1$ (²) et

(14) $$(p_n+1)^{-1} < \omega\varphi_n^2 < P'[1-(p_n+1)^{-1}]^{2(p_n+1)}(1+p_n)^{-1},$$

où P' est une constante, on voit que dans les hypothèses de I

(15) $$|b_{p_n}| = \frac{1}{2\pi}\left|\int_{C_{p_n}} \frac{F(x)\,dx}{x^{p_n+1}}\right|$$
$$< P_1\left[\int_0^{\varphi_n} \frac{d\varphi}{[1+\omega\varphi^2-(p_n+1)^{-1}]^{p_n+1}} + \int_{\varphi_n}^{\pi} \frac{d\varphi}{[1+\omega\varphi^2-(p_n+1)^{-1}]^{p_n+1}}\right].$$

D'où, d'après (14), (1) et le choix de p, on voit que $|a_n| = O(b_{p_n} m_n^{1/2}) = O(1)$.

Pour démontrer II on calculera b_{p_n} en intégrant sur $C_\infty (r = 1 + \omega\varphi^2)$. Il existe deux suites η_n et δ_n, $\eta_n \to \infty$, $\delta_n \to \infty$, $\delta_n = o(\eta_n)$ telles que si $x = (1+\omega\varphi^2)e^{i\varphi} \ (|\varphi| \leqq \delta_n p_n^{-1/2})$ on a $|F(x) - C| < \eta_n^{-1}$. D'où

$$|b_{p_n}| = O\left(\eta_n^{-1}\int_0^{\delta_n p_n^{-\frac{1}{2}}} (1+\omega\varphi^2)^{-p_n-1}\right) + O\left(\int_1^{1+\omega\pi^2} \vartheta^{-p_n-1}\,d\vartheta \times p_n^{\frac{1}{2}}\delta_n^{-1}\right),$$

d'où $b_{p_n} = o(m_n^{-1/2})$ et $a_n \to 0$.

(¹) Cette transformation a été employée par MM. Faber et Mordell pour la démonstration du théorème cité de M. Hadamard. Voir FABER, *Thèse*, Munich, 1903, p. 20; MORDELL, *Journ. of the London Math. Society*, 2, 1927, p. 146.

(²) Ex désigne la partie entière de x.

Pour démontrer V (dont III et IV sont des conséquences) on démontre que

$$|b_{p_n}| = O\left[m_n^{-\frac{1}{2}} |\Theta_1(m_n)|^{-1-\rho}\right] + O\left[m_n^{-\frac{1}{2}} |\Theta_1(m_n)|^{-1+\rho-\gamma}\right],$$

où $\Theta_1(s) = [A(s^{-1/2+\varepsilon})]^{-1/2+\gamma}$ et où $\gamma > \rho > 0$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la croissance des fonctions définies par les équations différentielles.* Note de M. T. **Vijayaraghavan**, présentée par M. J. Hadamard.

M. Borel, dans son Mémoire de 1899 sur les séries divergentes ([1]), prouva que la croissance des fonctions définies, pour toutes les valeurs positives de la variable, par une équation différentielle algébrique du premier ordre, ne peut être arbitraire, mais qu'une telle fonction est nécessairement $o(e^{e^x})$; il crut aussi prouver un résultat analogue pour les équations du second ordre, mais sa démonstration n'est pas complète, et d'autres mathématiciens ont abordé la même question sans succès ([2]). Je me propose de montrer par un exemple qu'aucun résultat de ce genre n'est possible pour les équations de degré supérieur au premier; ou, plus précisément, que, *si $\Phi(x)$ est une fonction croissante quelconque, il est possible de trouver une fonction $f(x)$, satisfaisant, pour toutes les valeurs positives de x, à une équation différentielle algébrique du second ordre*

$$P(x, y, y', y'') = 0$$

et telle que $|f(x)| > \Phi(x)$ pour une infinité de valeurs de x.

Soit en effet $\wp u$ la fonction elliptique de Weierstrass, que nous supposerons, par exemple, construite avec les périodes fondamentales ω et $i\omega'$, ω et ω' étant réels. Nous considérons la fonction

$$f(x) = \frac{1}{2}\left[\wp(\alpha x) + \overline{\wp(\alpha \bar{x})}\right]$$

où, comme d'habitude, $\bar{x}$ représente l'imaginaire conjuguée de x, et où

([1]) *Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, 16, 1889, p. 1.

([2]) Des résultats partiels ont été obtenus par M. Fowler (*Proc. London Math. Soc.*, 2e série, 13, 1914, p. 341, et *Quarterly Journal of Math.*, 45, 1914, p. 289). Cf. aussi Hardy, *Proc. London Math. Soc.*, 2e série, 10, 1912, p. 451, et *Orders of Infinity* (*Cambridge Tracts*, no 12, 2e édition, 1924, p. 57-60).

l'on a posé

$$\alpha = \omega + i\eta.$$

Nous choisissons η réel de telle sorte que l'on ait, pour une infinité de valeurs entières n_i, p_i,

$$(1) \qquad \left| p_i - n_i \frac{\eta}{\omega'} \right| < \frac{1}{2\omega' \sqrt{\Phi(n_i)}}.$$

Il suffira pour cela, comme on sait, de prendre pour η/ω' une fraction continue dont les quotients incomplets croissent d'une manière suffisamment rapide.

Pour les valeurs réelles de x, $f(x)$ est évidemment réel, car c'est alors la partie réelle de $\wp(\alpha x)$. Mais, si $u = n\omega + pi\omega' + it$, t étant réel et très petit, on a

$$\text{partie réelle de } \wp u \sim -\frac{1}{t^2}.$$

L'inégalité (1) nous donne donc, pour $x = n_i$, et i suffisamment grand,

$$|f(n_i)| \sim \frac{1}{(n_i\eta - p_i\omega')^2} > \Phi(n_i).$$

Or les fonctions $\varphi(x) = \wp(\alpha x)$, $\psi(x) = \overline{\wp(\alpha \bar{x})}$, satisfont respectivement aux équations différentielles

$$\varphi'^2 = \alpha^2 (4\varphi^3 - g_2\varphi - g_3),$$
$$\psi'^2 = \bar{\alpha}^2 (4\psi^3 - g_2\psi - g_3),$$

et par conséquent $f = \varphi + \psi/2$ satisfait à une équation différentielle algébrique du second ordre, qu'on obtient aisément en différentiant (2) et (3), remplaçant ψ par $2f - \varphi$, et éliminant φ, φ', φ'' entre les quatre équations ainsi obtenues.

Si l'on avait pris, plus généralement,

$$f(x) = \frac{1}{2} \left[\wp(\alpha x + \beta) + \overline{\wp(\alpha \bar{x} + \beta)} \right],$$

avec un choix convenable de α, β, on aurait obtenu une fonction, satisfaisant pour toutes les valeurs *réelles* de x à une équation du second ordre, et dont la croissance est arbitrairement rapide pour une infinité de valeurs positives et pour une infinité de valeurs négatives de x.

Ces résultats sont dus à la croissance très irrégulière des fonctions étudiées. J'ai réussi à démontrer en effet que, *si la fonction $y(x)$, définie pour toutes les valeurs positives de x, est solution d'une équation différentielle*

algébrique d'ordre m, et si la croissance de y satisfait à certaines conditions très larges de régularité, il y a des constantes k, Δ telles que l'on ait, pour $x > 0$,

$$|y(x)| < e_m(kx^{\Delta}),$$

$e_m(x)$ désignant la $m^{\text{ième}}$ itérée de la fonction exponentielle. La démonstration de ce théorème, ainsi que d'autres qui contiennent comme cas particuliers tous les résultats jusqu'ici connus dans cette direction, paraîtra prochainement dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations intégrales singulières.* Note de M. S. **Sanielevici**, présentée par M. E. Goursat.

J'ai affirmé [1] que l'équation

$$(1) \qquad \varphi(x) - \lambda \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\alpha}{2} e^{-|x-\alpha s|} \varphi(s)\, ds = 0 \qquad (0 < \alpha < 1)$$

n'avait pas d'intégrale *analytique*, pour λ quelconque.

En effet, si l'on essaye de satisfaire à l'équation

$$(2) \qquad \varphi(x) - \varphi(x) + \lambda \varphi\left(\frac{x}{\alpha}\right) = 0,$$

par une série

$$\varphi(x) = \sum_{0}^{\infty} c_n x^n,$$

on trouve, pour la détermination des coefficients, la loi de récurrence

$$(n+2)(n+1)c_{n-2} = c_n\left(1 - \frac{\lambda}{\alpha^n}\right),$$

et par conséquent

$$\lim_{n=\infty} \left| \frac{c_{n-2}}{c_n} \right| = \infty.$$

La méthode d'approximations successives n'est évidemment pas applicable à partir de $\lambda = 0$. Cependant cherchons à satisfaire à (2) par une série de la forme

$$(3) \qquad \varphi(x) = \sum_{-\infty}^{+\infty} \lambda^n \varphi_n(x).$$

(1) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 683.

On trouve alors

$$(4)\qquad \varphi''_n(x) - \varphi_n(x) + \varphi_{n-1}\left(\frac{x}{\alpha}\right) = 0 \qquad (n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots).$$

Si l'on prend

$$\varphi_{n-1}(x) = A \sin \frac{rx}{\alpha^{n-1}},$$

il vient

$$\varphi_n(x) = \frac{A}{1 + \frac{r^2}{\alpha^{2n}}} \sin \frac{rx}{\alpha^n},$$

de sorte que la solution cherchée se présente sous la forme

$$(5)\qquad \varphi(x) = A \sum_0^\infty \frac{\lambda^n \sin \frac{rx}{\alpha^n}}{\left(1 + \frac{r^2}{\alpha^2}\right)\left(1 + \frac{r^2}{\alpha^4}\right)\cdots\left(1 + \frac{r^2}{\alpha^{2n}}\right)} + A \sum_1^\infty \frac{(1 + r^2)(1 + r^2\alpha^2)\ldots(1 + r^2\alpha^{2n-2})}{\lambda^n} \sin(r\alpha^n x).$$

Or la première de ces séries est convergente absolument et uniformément quel que soit λ, la seconde l'est seulement pour $|\lambda| > 1$.

On voit donc que, outre les valeurs caractéristiques $\lambda = \alpha^n$, formant un ensemble dénombrable, il y a encore le « spectre » continu défini par $|\lambda| > 1$.

La fonction $\varphi(x)$ définie par (5) possède une infinité de dérivées; elle n'est pourtant pas analytique.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les caractéristiques à la surface du tore.* Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. J. Hadamard.

La présente Note répond à une question posée par H. Poincaré [1].

Soient $M(\Phi, \theta)$ un point mobile sur un tore, Φ étant l'angle du méridien de M avec un méridien fixe, θ l'angle de la normale en M avec l'équateur; $A(\Phi, \theta)$ une fonction définie en tout point du tore, donc périodique de période 2π en θ et en Φ, continue, vérifiant

$$|A(\Phi, \theta') - A(\Phi, \theta)| < K|\theta' - \theta|.$$

[1] H. Poincaré, *Sur les courbes définies par les équations différentielles* (*Journal de Math. pures et appliquées*, 4e série, 1, 1885, p. 167-244).

L'équation

$$\frac{d\theta}{d\Phi} = A(\Phi, \theta) \tag{1}$$

définit une famille de courbes I appelées par Poincaré les *caractéristiques* de (1). Par chaque point M passe une courbe I et une seule. Si $\theta = u(\Phi, \theta_0)$, avec $u(\Phi_0, \theta_0) = \theta_0$, ($\varphi_0$ invariable, θ_0 quelconque), u est défini, continu pour $-\infty < \Phi < \infty$. En outre, si $\theta' = u(\Phi, \theta'_0)$:

$$\left|\log\frac{\theta'-\theta}{\theta'_0-\theta_0}\right| < K|\Phi - \Phi_0|.$$

Le point décrivant I traverse une infinité de fois tout méridien. Si

$$\theta_n = u(\Phi_0 + 2n\pi, \theta_0) = \theta_0 + \Psi_n(\theta_0),$$

le point $M_n(\Phi_0 + 2n\pi, \theta_n)$ est dit le $n^{\text{ième}}$ conséquent $(n > 0)$ ou le $(-n)^{\text{ième}}$ antécédent de $M(\Phi_0, \theta_0)$, sur le méridien Γ de M.

Il existe un nombre α tel que

$$-\beta'_n \leqq \Psi_n(\theta_0) - 2n\pi\alpha \leqq \gamma'_n \qquad (0 \leqq \beta'_n, 0 \leqq \gamma'_n, \beta'_n + \gamma'_n < 2\pi).$$

Si α *est rationnel, il y a des caractéristiques fermées* (cycles) et réciproquement.

Si α est irrationnel, considérons un cercle C de rayon 1 sur lequel ω désigne l'abscisse curviligne d'un point N. Alors, si $N_0(\omega_0)$ correspond à M_0, faisons correspondre $N_n(\omega_0 + 2n\pi\alpha)$ à M_n. Poincaré a montré que le rang de succession géométrique des M_n sur Γ est identique à celui des N_n correspondants sur C.

L'ensemble limite J des M_n pour M_0 donné est parfait, indépendant de M_0, le même pour $n + \infty$ et pour $n - \infty$. Si J ne coïncide pas avec Γ, J est parfait discontinu. Cette disposition n'est pas impossible avec les seules hypothèses faites jusqu'ici sur A.

Les N_n étant partout denses sur C, tout point N de C distinct des N_n divise les N_n voisins en deux classes. Il correspond à N un point de J ou un segment contigu de J séparant les deux classes homologues des M_n. Au contigu i de J parcouru par un point $\mu(\theta = \tau)$ correspond un point $\lambda(\omega = \chi)$ d'un ensemble dénombrable partout dense sur C et invariant par la transformation $(\omega, \omega + 2\pi\alpha)$. A $\lambda_n(\chi + 2n\pi\alpha)$ correspond i_n parcouru par le point $\mu_n(\tau_n)$ si $\tau_n = \theta_n(\tau)$.

Poincaré a cru que tous ces λ ou ces i se rangent nécessairement en une classe unique d'antécédents et de conséquents (λ_n, u_n) de l'un d'eux. En

réalité, *rien ne s'oppose, à priori, à ce qu'il y ait une infinité de suites* λ_n, ι_n *distinctes*.

Supposons maintenant $\partial A/\partial\theta$ continu sur la totalité du tore. $d\theta_1/d\theta_0$ existe et

$$\log\frac{d\theta_1}{d\theta_0} = h(\theta_0) = \int_{\varphi_0}^{\varphi_0+2\pi}\frac{\partial A}{\partial\theta}\,d\varphi \qquad [\theta = u(\varphi, \theta_0)]$$

est continu.

Nous allons montrer l'*impossibilité du cas de* J *discontinu, si* $d\theta_1/d\theta_0$ [ou $h(\theta_0)$] *est à variation totale bornée sur* Γ.

Soit V la variation totale de $h(\theta_0)$ sur Γ. On a

$$i_1 = \int_i \frac{d\theta_1}{d\theta_0}\,d\theta_0 = i e^{h(\tau)},$$

$\mu(\tau)$ étant un certain point de i. On a de même $\mu^{(n)}(\tau^{(n)})$ dans i_n tel que

$$i_{n+1} = i_n e^{h(\tau^{(n)})}.$$

En outre, si λ_n est l'homologue sur C du contigu u_n à J, l'ordre géométrique des $\mu^{(n)}$ sur Γ est identique à celui des λ_n sur C. ($\mu^{(n)} \not\equiv \mu_n$ en général.) On a

$$\sum_{k=r}^{k=s} h(\tau^{(k)}) = \log\frac{i_{s+1}}{i_r} \qquad \text{si } r < s.$$

Rappelons une propriété caractéristique des réduites P_m/Q_m d'un nombre α en fraction continue. Si $Q_m\alpha - P_m = \delta_m$, la suite $|\delta_m|$ décroît, et, pour $q < Q_{m+1}$, $q \neq Q_m$, on a $|q\alpha - p| > |\delta_m|$ (en ajoutant le signe $=$ dans le cas $\delta_{m+1} = 0$, $q = Q_{m-1}$).

Donnons à n la valeur Q_m. Les arcs géométriques $\lambda\lambda_n$, $\lambda_k\lambda_{n+k}$ de C valent $2\pi\delta_m$ et à l'intérieur d'aucun d'eux ne peut s'intercaler aucun point λ_n dont l'indice diffère de k ou de $n+k$ d'au plus n. Considérons les deux suites :

$$\begin{array}{lllll} \lambda_1, & \ldots, & \lambda_p, & \ldots, & \lambda_n, \\ \lambda_{-n+1}, & \ldots, & \lambda_{-n+p}, & \ldots, & \lambda. \end{array}$$

Sur C les λ_p et les λ_{-n+p} forment deux ensembles de points alternants. Il en est donc de même des suites $\mu^{(p)}$, $\mu^{(-n+p)}$ sur Γ. Il en résulte que

$$\left|\sum_{p=1}^{p=n} h(\tau^{(p)}) - \sum_{p=1}^{p=n} h(\tau^{(-n+p)})\right| \leq V.$$

Donc

$$\left| \log \frac{i_{n+1}}{i_1} - \log \frac{i_1}{i_{-n-1}} \right| \geqq V \qquad (i_n i_{-n} > i^2 e^{-V}),$$

ce qui est absurde puisque i_n et i_{-n} tendent vers zéro quand n est infini.

En particulier *quand* $A(\Phi, \theta)$ *est holomorphe* (hypothèse de Poincaré), *si* α *est irrationnel, toutes les caractéristiques passent indéfiniment au voisinage de tout point du tore.*

On peut réaliser le cas de l'ensemble parfait discontinu avec une dérivée $d\theta_1/d\theta_0$ continue, mais à variation totale non bornée. Alors, si $h(\theta) = g(\omega)$ aux points θ de seconde espèce sur J, il faut

$$\int_0^{2\pi} g(\omega)\, d\omega = 0, \qquad \text{d'où} \qquad \lim_{\pm n\, \infty} \sqrt[n]{u_n} = 1.$$

On pourra par exemple avoir une infinité de familles i_n distinctes sur chacune desquelles

$$i^k_{\pm n} = 2\pi \frac{\varepsilon^{k}}{n(n+1)} (n > 0), \qquad \text{d'où} \qquad h(\theta) = 0 \text{ sur J}, \quad \text{avec } \Sigma\varepsilon^{(k)} \leqq 1.$$

La mesure de toute portion de J est proportionnelle à l'arc correspondant de C. Une construction de $A(\Phi, \theta)$ est aisée.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'itération des fonctions holomorphes dans un demi-plan*. Note de M. **Julius Wolff**, présentée par M. Émile Borel.

Le but de la présente Note est de résoudre une question laissée ouverte par M. G. Valiron dans un article portant le même titre (*Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, 4, avril 1931).

Soit $z_1 = x_1 + iy_1 = f(z) = f(x + iy)$ holomorphe dans le demi-plan $D(x > 0)$ et telle que $x_1 > x$. On sait que z_1/z tend vers une limite réelle $\lambda \geqq 1$ pour z infini, y/x borné.

Soit $\lambda > 1$. Posons $z_1 = \lambda z + \omega(z)$, alors $\omega(z)$ est dans D en même temps que z. Posons de plus $z_2 = f(z_1)$, $z_3 f(z_2)$, ..., $z_{n+1} = f(z_n)$, ... Nous allons montrer que :

Si la série $\Sigma \left| \omega(z_n)/z_n \right|$ *converge en* UN *point* α *de* D, *elle converge dans* D.

En effet : soit pour z dans D

$$\frac{z - \alpha}{z - \alpha'} = t, \qquad \frac{z - \alpha_n}{z - \alpha'_n} = t \qquad \text{et} \qquad \frac{\omega(z_n) - \omega(\alpha_n)}{\omega(z_n) - \{\omega(\alpha_n)\}'} = \tau_n.$$

où l'accent indique l'image par rapport à l'axe imaginaire.

Alors t_n et τ_n sont des fonctions holomorphes pour $|t| < 1$, $|t_n| < 1$, $|\tau_n| < 1$ et pour $t = 0$ on a $t_n = \tau_n = 0$, donc

$$|t_n| \leq |t|, \qquad |\tau_n| \leq |t|,$$

donc

$$\left|\frac{\omega(z_n) - \omega(\alpha_n)}{\omega(z_n) - |\omega(\alpha_n)|'}\right| \leq \left|\frac{z - \alpha}{z - \alpha'}\right| \quad \text{et} \quad \left|\frac{z_n - \alpha_n}{z_n - \alpha'_n}\right| \leq \left|\frac{z - \alpha}{z - \alpha'}\right|,$$

$$\left|\frac{\omega(z_n)}{\omega(\alpha_n)}\right| < \frac{2}{1 - \left|\frac{z - \alpha}{z - \alpha'}\right|} \quad \text{et} \quad \left|\frac{z_n}{\alpha_n}\right| > \frac{1}{2}\left(1 - \left|\frac{z - \alpha}{z - \alpha'}\right|\right).$$

La proposition est une conséquence immédiate des deux dernières inégalités.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le cercle d'univalence d'une fonction holomorphe $f(x)$ et sur la plus petite distance entre deux zéros d'une équation* $f(x) = A$. Note de M. N. **Abramesco**, présentée par M. Émile Borel.

1. *Le cercle d'univalence d'une fonction holomorphe.* — Soient u et v deux points distincts ($u \neq v$) à l'intérieur du cercle de rayon R, où la fonction $f(x) = a_0 + a_1 x + \ldots + a_n x^n + \ldots$ est holomorphe. Considérant

$$F(u, v) = \frac{f(u) - f(v)}{u - v} = a_1 + a_2(u + v) + a_3(u^2 + uv + v^2) + \ldots$$

la fonction

$$(1) \qquad G(u, v) = \frac{1}{f(u, v)} = b_0 + b_1(u + v) + (b_{2,0}u^2 + b_{1,1}uv + b_{0,2}v^2) + \ldots$$

est symétrique par rapport à u et v et l'on a $b_{p,q} = b_{q,p}$. En identifiant les coefficients de $u^0, u^1, \ldots, u^m, \ldots; v, vu, vu^2, \ldots, vu^m, \ldots; v^n, v^n u, \ldots, v^n u^m, \ldots$, on obtient des relations, d'où l'on peut trouver à l'aide des déterminants les coefficients $b_{m,p}$.

La région d'univalence de $f(x)$ est donnée par celle où $F(u, v) \neq 0$, ou par celle où la série double en u et v, $G(u, v)$ est valable. De (1) on voit qu'il faut $a_1 \neq 0$, $f'(0) \neq 0$, donc dans cette région la dérivée $f'(x)$ ne peut être nulle.

Désignant par $\lambda(k)$ la fonction donnée par

$$(2) \qquad \frac{1}{\lambda(k)} = \overline{\lim_{m+n \to \infty}} \sqrt[m+n]{|b_{m,n}| k^n},$$

on sait que $r = \lambda(k)$, $\rho = \lambda(k)/k$ forment un système de cercles associés de

convergence pour la série $\Sigma\Sigma b_{m,n} u^m v^n$, (r, ρ) étant un point intérieur à la courbe $r = \lambda(r/\rho)$, par rapport à deux axes rectangulaires Or, $O\rho$, la région intérieure étant celle où se trouve l'origine O. Donc, (r, ρ) étant un point intérieur à la courbe $r = \lambda(r/\rho)$, la fonction $f(x)$ est univalente à l'intérieur des cercles $|u| = r$, $|v| = \rho$. Le cercle d'univalence, à l'intérieur duquel la fonction $f(x)$ est univalente, est donné par $r = \rho$, $|u| = |v|$, $k = 1$, et son rayon R_0 s'obtient, en faisant en (2), $k = 1$ et sa valeur est donné par

$$\frac{1}{R_0} = \overline{\lim_{m+n\to\infty}} \sqrt[m+n]{|b_{m,n}|}.$$

On voit que sur ce cercle sont des points u, v, $|u| = |v| = R_0$, où $f(x)$ est bivalente.

Sur la plus petite distance entre deux zéros d'une équation $f(x) = A$. — $f(x)$ étant une fonction holomorphe dans le cercle R, soient u et v deux zéros distincts ($u \neq v$) de l'équation $f(x) = A$. On a

$$f(u) = f(v) = A,$$
$$0 = f'(u) + \frac{v-u}{1} f(u) + \frac{(v-u)^2}{3!} f'''(u) + \ldots,$$

u étant un zéro de $f(x) = A$, le plus approché zéro v de u est extérieur au cercle de centre u et de rayon ρ,

$$\rho = \frac{|c_0|}{|\Delta|}, \qquad \Delta = \overline{\lim_{n\to\infty}} \begin{vmatrix} c_1 & c_0 & 0 & \ldots & 0 \\ c_2 & c_1 & c_0 & \ldots & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & . \\ c_n & c_{n-1} & c_{n-2} & \ldots & c_1 \end{vmatrix}^{\frac{1}{n}}$$

et une limite inférieure de la distance d de ces deux zéros est

$$\frac{|c_0|}{\sqrt{|c_0|^2 + |c_1|^2 + \ldots + |c_n|^2 + \ldots}}, \qquad c_{n-1} = \frac{1}{n!} f_1^{(n)}(u).$$

$M(R)$ et $M'(R)$ étant les maxima des modules de $f(u)$ et $f'(u)$ sur le cercle R, en appliquant l'inégalité de M. Borel ([1])

$$\frac{M(R) - |f(0)|}{R} < M'(R),$$

on a

$$|c_0| = |f'(u)| > \frac{M(R) - |a_0|}{R}, \qquad d > \frac{M - |a_0|}{R\sqrt{|c_0|^2 + |c_1|^2 + \ldots + |c_n|^2 + \ldots}}.$$

([1]) E. Borel, *Sur les zéros des fonctions entières* (*Acta mathematica*, 20, 1897, p. 357).

Si la série $f(u)+v-u/1\,f'(u)+\dots$ est convergente dans un cercle de centre u et de rayon $\geqq 1$, $R-|u|\geqq 1$, $|u|\leqq R-1$, $R>1$, en appliquant l'inégalité de Gutzmer (¹), $[M(r)]^2 \geqq \Sigma |d_n|^2 r^{2n}$, on a

$$|A|^2+|c_0|^2+|c_1|^2+\dots\leqq M^2; \qquad d > \frac{M-|a_0|}{R\sqrt{M^2-|A|^2}},$$

M étant le maximum du module de $f(x)$ sur le cercle R, et l'on a une limite inférieure de la distance entre deux zéros de l'équation $f(x)=A$.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Sur les grandeurs caractéristiques de l'électron de Dirac.* Note de M. **Al. Proca**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Soit un électron de Dirac, défini en l'absence de champ par l'hamiltonien

$$H = c(\alpha_1 p_1 + \alpha_2 p_2 + \alpha_3 p_3 + \alpha_4 m_0 c). \tag{1}$$

En introduisant les α_r dans le but de retrouver le spin, Dirac a automatiquement attaché à l'électron seize opérateurs nouveaux, linéairement indépendants et qu'on forme à partir des α_r par multiplication (²). Dans une Note précédente (³), nous avons essayé de donner une interprétation physique de l'un d'eux, l'invariant $\alpha_1\alpha_2\alpha_3$; cette interprétation mérite qu'on s'y arrête parce qu'elle permet de préciser, d'une façon définitive, le sens physique de toutes les caractéristiques nouvelles de l'électron de Dirac.

En utilisant les résultats de cette Note, on peut dire qu'à un pareil électron sont attachés :

I. Deux invariants :

$e.1$ .... charge électrique
$e.\alpha_1\alpha_2\alpha_3$ .... charge magnétique libre

II. Un tenseur antisymétrique de second rang :

$$\frac{e}{m_0 c}\alpha_2\alpha_3, \quad \frac{e}{m_0 c}\alpha_3\alpha_1, \quad \frac{e}{m_0 c}\alpha_1\alpha_2; \quad \frac{e}{m_0 c}\alpha_1, \quad \frac{e}{m_0 c}\alpha_2, \quad \frac{e}{m_0 c}\alpha_3,$$

représentant le moment électrique et magnétique *total*.

(¹) Gutzmer, *Ein Satz über Potenzreihen* (*Math. Annalen*, 32, 1888, p. 596).

(²) Ces opérateurs, parmi lesquels six seulement caractérisent le spin, ont été beaucoup étudiés depuis; ils ont été signalés, pour la première fois, par J. v. Neumann, *Z. Physik*, 48, 1928, p. 868.

(³) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 691.

III. Deux quadrivecteurs :

$$e.\alpha_1\alpha_4;\quad e.\alpha_2\alpha_4,\quad e.\alpha_3\alpha_4,\quad e.\alpha_4,\quad \ldots \quad \text{courant électrique,}$$
$$e.\alpha_2\alpha_3\alpha_4,\quad -e.\alpha_3\alpha_4\alpha_1,\quad e.\alpha_4\alpha_1\alpha_2,\quad e.\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4,\quad \ldots \quad \text{courant magnétique}$$ (1).

En effet, le vecteur

$$\alpha_1\alpha_4,\quad \alpha_2\alpha_4,\quad \alpha_3\alpha_4,\quad \alpha_4$$

représente la vitesse quadridimensionnelle (2), et, en outre, on peut écrire

$$e.\alpha_2\alpha_3\alpha_4 = e.\alpha_1\alpha_2\alpha_3.\alpha_1\alpha_4,\qquad -e.\alpha_3\alpha_4\alpha_1 = e.\alpha_1\alpha_2\alpha_3.\alpha_2\alpha_4,$$
$$e.\alpha_4\alpha_1\alpha_2 = e.\alpha_1\alpha_2\alpha_3.\alpha_3\alpha_4,\qquad e.\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4 = e.\alpha_1\alpha_2\alpha_3.\alpha_4.$$

2. Passons aux moyennes données par les expressions quadratiques en ψ_r et ψ_r^*. La moyenne de la charge magnétique est représentée par le second invariant de Darwin (3)

$$\text{(2)}\qquad J = i(\psi_1^*\psi_3 + \psi_2^*\psi_4 - \psi_3^*\psi_1 - \psi_4^*\psi_2).$$

Darwin a donné, en outre, les expressions des moyennes du moment total ($\mu_1, \mu_2, \mu_3; \pi_1, \pi_2, \pi_3$) et des autres covariants, à l'exception du « courant magnétique ». Les composantes de celui-ci sont :

$$\text{(3)}\qquad \begin{cases} k_1 = (\psi_1^*\psi_2 + \psi_2^*\psi_1 + \psi_3^*\psi_4 + \psi_4^*\psi_3), & k_3 = \psi_1^*\psi_1 - \psi_2^*\psi_2 + \psi_3^*\psi_3 - \psi_4^*\psi_4, \\ k_2 = -i(\psi_1^*\psi_2 - \psi_2^*\psi_1 + \psi_3^*\psi_4 - \psi_4^*\psi_3), & k_4 = \psi_1^*\psi_3 + \psi_2^*\psi_4 + \psi_3^*\psi_1 + \psi_4^*\psi_2. \end{cases}$$

Il a été signalé par Uhlenbeck et Laporte (4), qui ont démontré la relation suivante

$$\text{(4)}\qquad \sum_1^3 \frac{\partial k_r}{\partial x_r} + \frac{1}{c}\frac{\partial k_4}{\partial t} = \frac{2\pi mc}{h}J,$$

dont la signification physique est immédiate avec notre interprétation (5).

---

(1) Au facteur e près, ce vecteur est celui qui figure de la nouvelle intégrale première, donnée dans une de nos Notes précédentes (cf. *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 642).

(2) Nos notations ne présentent pas la symétrie habituelle parce que nous employons les α_r de Dirac, au lieu de Γ_r de Weyl.

(3) *Proc. Royal Soc.*, **120**, 1928, p. 621.

(4) *Physical Review*, **37**, 1931, p. 1380 et 1552.

(5) Un cas particulier de cette relation, avec cette interprétation, avait été donné, peu de temps auparavant, par Tokuji Tanaka (*Z. Physik*, **69**, 1931, p. 810), dans un travail qui se proposait précisément de retrouver les relations de Frenkel pour les moyennes du moment électrique et magnétique.

On peut écrire un certain nombre de relations intéressantes entre ces 16 moyennes; signalons, en particulier, que l'invariant $\lambda = (mp)$, formé à partir du tenseur moment total, est donné par

$$(5) \qquad \lambda = (mp) = \mu_1 \pi_1 + \mu_2 \pi_2 + \mu_3 \pi_3 = \mathrm{I}.\mathrm{J},$$

I étant le premier invariant de Darwin

$$(6) \qquad \mathrm{I} = \psi_1^* \psi_1 + \psi_2^* \psi_2 - \psi_3^* \psi_3 - \psi_4^* \psi_4.$$

3. Appliquons ces considérations générales au cas particulier d'un électron libre, le seul envisagé jusqu'à présent. Pour un tel électron l'*invariant* J *est nul*, comme on le voit, en prenant une solution par ondes planes. Donc *la moyenne observable de la charge magnétique est nulle*, ce qui s'explique par le fait qu'il s'agit d'une grandeur oscillante de type spécial, ainsi que nous l'avons déjà indiqué. Il s'ensuit, par (5), que $\lambda = (mp) = 0$; donc, *les relations de Frenkel*, inexactes pour les opérateurs, *sont correctes pour leurs moyennes*. La relation (4) devient dans ce cas une *équation de continuité* pour le courant magnétique.

4. Nous avons $\mathrm{J} = 0$. Donc la charge magnétique d'un électron de Dirac est *inobservable* en tous les cas, sur un électron libre. Doit-on en conclure que son étude soit absolument inutile? En aucune façon. En effet, *passons au cas où il existe un champ extérieur*. Pour écrire l'équation de Dirac dans ce cas on se laisse guider par des analogies avec la théorie classique. Or, cette partie de la théorie classique repose essentiellement sur l'hypothèse que l'*électron ne possède absolument pas de charge magnétique*. Le problème qui se pose alors est de savoir si l'on a le droit de continuer à appliquer une équation, établie pour une particule *sans* charge magnétique, à l'électron de Dirac *qui*, *précisément*, *en possède une*.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur la détermination expérimentale du couple d'amortissement d'un oscillateur*. Note de M. **J. Haag**.

1. On admet généralement que le couple d'amortissement d'un oscillateur est constitué par un frottement visqueux et un frottement constant. La seule raison d'être de cette hypothèse est qu'elle permet d'intégrer facilement l'équation différentielle du mouvement. Malheureusement les résultats de cette intégration ne sont pas d'accord avec l'expérience.

Voici une méthode de recherche, qui repose sur des hypothèses beaucoup moins restrictives.

2. Supposons que le corps oscillant effectue une oscillation simple, dans le sens négatif, définie, en première approximation, par l'équation

$$(1) \qquad \theta = \theta_0 \cos\varphi, \qquad \varphi = \omega t \qquad (0 < \varphi < \pi).$$

Il est soumis à un couple amortisseur, que nous supposons très petit et qui est une certaine fonction de l'élongation et de la vitesse, soit $I f(\theta, \theta')$, I représentant le moment d'inertie de l'oscillateur. Il s'agit de déterminer la fonction f.

Nous supposerons simplement que cette fonction est développable en série entière, suivant les puissances de θ et θ', soit

$$(2) \qquad f(\theta, \theta') = \Sigma\Sigma A_{p,q} \theta^p \theta'^q.$$

L'accroissement algébrique d'amplitude au bout de l'oscillation simple précédemment définie est

$$(3) \qquad \Delta\theta_0 = \Sigma\Sigma A_{2p,2q-1} I_{p,q} \omega^{2q-3} \theta_0^{2p+2q-1} - \Sigma\Sigma A_{2p,2q} J_{p,q} \omega^{2q-2} \theta_0^{2p+2q},$$

avec

$$(4) \qquad \begin{cases} I_{p,q} = \pi \dfrac{1.3\ldots(2p-1).1.3\ldots(2q-1)}{2^{p+q}(p+q)!}, \\ J_{p,q} = \dfrac{2^{q+1} q!}{(2p+1)(2p+3)\ldots(2p+2q+1)}. \end{cases}$$

Supposons *qu'on ait déterminé expérimentalement la loi d'amortissement* et qu'on l'ait mise sous la forme

$$(5) \qquad \Delta\theta_0 = \Sigma a_n \theta_0^n.$$

En identifiant (3) et (5), on obtient des équations entre les coefficients inconnus $A_{p,q}$. Par exemple, en faisant l'identification jusqu'au terme en θ_0^7 inclus, on trouve

$$(6) \qquad \begin{cases} A_{0,0} = -\dfrac{\omega^2}{2} a_0; \qquad A_{0,1} = \dfrac{2\omega}{\pi} a_1; \\ 2\omega^2 A_{0,2} - A_{2,0} = -\dfrac{3}{2}\omega^2 a_2; \qquad 3\omega^2 A_{0,3} + A_{2,1} = \dfrac{8\omega}{\pi} a_3; \\ 8\omega^4 A_{0,4} + 2\omega^2 A_{2,2} + 3A_{4,0} = -\dfrac{15}{2}\omega^2 a_4; \\ 5\omega^4 A_{0,5} + \omega^2 A_{2,3} + A_{4,1} = \dfrac{16\omega}{\pi} a_5; \\ \dfrac{16}{5}\omega^6 A_{0,6} + \dfrac{8}{15}\omega^4 A_{2,4} + \dfrac{2}{5}\omega^2 A_{4,2} + A_{6,0} = -\dfrac{7}{2}\omega^2 a_6; \\ 35\omega^6 A_{0,7} + 5\omega^4 A_{2,5} + 3\omega^2 A_{4,3} + 5A_{6,1} = \dfrac{128\omega}{\pi} a_7. \end{cases}$$

Les deux premières équations nous donnent, *par une seule expérience*, les coefficients $A_{0,0}$ et $A_{0,1}$, c'est-à-dire le frottement constant et le frottement visqueux.

Les deux suivantes contiennent chacune deux inconnues. Pour déterminer celles-ci, il faut faire *deux expériences, avec des périodes différentes*. On obtient ainsi $A_{0,2}$; $A_{2,0}$; $A_{0,3}$; $A_{2,1}$. On calcule de même les six coefficients suivants par *trois expériences*, puis les huit suivants par *quatre expériences*, etc. En principe *l'étude de l'amortissement permet* donc *de déterminer tous les coefficients des termes pairs en* θ.

3. *Pour obtenir les coefficients des termes impairs en* θ, il faut utiliser la *durée d'oscillation*. La perturbation exercée par le couple amortisseur sur la durée de l'oscillation simple précédente est donnée par la formule

$$(7) \qquad \pi \frac{\Delta T}{T} = \Sigma\Sigma A_{2p+1,2q} I_{p+1,q} \omega^{2q-2} \theta_0^{2p-2q} - \Sigma\Sigma A_{2p+1,2q+1} J_{p+1,q} \omega^{2q-1} \theta_0^{2p+2q+1}.$$

Si l'on trouve expérimentalement la série

$$(8) \qquad \frac{\Delta T}{T} = \Sigma b_n \theta_0^n,$$

en identifiant (7) et (8) et procédant exactement comme ci-dessus, on peut calculer tous les coefficients des puissances impaires de θ.

En réunissant les deux méthodes, on obtient finalement le développement complet.

HYDRAULIQUE. — *Passage du régime visqueux au régime hydraulique pour la translation d'un solide dans l'eau.* Note [1] de M. **R. Serville**, transmise par M. Paul Sabatier.

J'ai montré [2] que la résistance $\mathcal{R}$ de l'air sur un solide (plan, sphère, cône) est de la forme bv^2 (régime hydraulique) au-dessus d'une certaine vitesse v_2, puis que $\mathcal{R}$ prend la forme $av + bv^2$ (régime intermédiaire), v étant compris entre les vitesses critiques v_2 et v_1, pour devenir, comme première approximation, de la forme av (régime visqueux) quand v est au-dessous de v_1.

Pour déterminer la loi exacte de la résistance dans le régime visqueux,

---

(1) Séance du 22 février 1932.

(2) *Thèse de doctorat. Études sur le pendule conique* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 3e série, 15, 1923, p. 87).

je supprime le pivot de mon manège [1] que je suspends à un fil d'acier de $D = 0^{mm},1$, long de 950^{cm}, dont la torsion mesure le couple moteur. Je détermine la vitesse par la rotation d'un cercle divisé que porte l'axe vertical du manège. La précision est du 1/200 (tous les nombres ne diffèrent des extrêmes que de moins de 1/100).

Le manège, dont le bras R mesure 125^{cm}, est immergé dans une cuve souterraine remplie d'eau. A l'extrémité du bras, je place le corps; j'impose le couple moteur P et je détermine la vitesse limite v. Je coupe ensuite le bras près du bord intérieur du corps que je retire et je détermine le couple de correction p, le manège vide, pour la même vitesse v: le couple moteur net est $P - p$. La résistance $\mathcal{R}$ est alors donnée par la relation

$$P - p = R\mathcal{R}.$$

Par des mesures préliminaires, je montre que le rayon de 125^{cm} est suffisant pour assimiler rotation et translation, que l'action de la surface libre de l'eau et des parois de la cuve est négligeable.

1° Imposons un couple moteur, abandonnons le manège sans vitesse initiale: déterminons la courbe de départ. *La vitesse limite v n'est atteinte qu'après une course de* 20 *diamètres* (200^{cm} pour un corps de $D = 10^{cm}$), soit pour $v = 0{,}04$ une attente de près de deux heures. Après une course de 15 diamètres, la vitesse est encore inférieure de 1 : 100 à la vitesse v, ce qui prouve combien est longue la trajectoire que doit parcourir le corps avant que, le mouvement s'étant propagé de couches en couches, le régime permanent soit atteint. De là résulte que l'expérience du disque oscillant de Coulomb ne permet pas de conclure à une résistance proportionnelle à la vitesse pour le cas de la translation.

2° Pour des vitesses inférieures à $0^{cm},1$, *la résistance*, fonction du maître couple, *est indépendante de la forme du corps*. Le disque circulaire, la sphère, l'hémisphère creux présentant à l'avant sa face concave puis sa face convexe, le cône plein présentant à l'avant sa pointe puis son plan (tous ces corps de même diamètre $D = 10^{cm}$) ont la même résistance : la courbe $\mathcal{R}(v)$, de l'origine à $v = 0^{cm},1$, est la même pour tous ces corps. A partir de $v = 0{,}1$, les courbes se séparent, $\mathcal{R}$ devenant plus grand pour le plan que pour la sphère.

3° Pour tous ces corps, dès l'origine, *$\mathcal{R}$ croît plus vite que v :* la loi de Coulomb $\mathcal{R} = av$ n'est qu'une grossière approximation. Voici les résultats

(1) Pour la description du manège, voir ma *Thèse*, p. 113.

pour le disque (la première ligne étant commune à tous les corps) :

$P-p$	0,00362	0,00713	0,0149	0,0265	0,0526	0,0830
Vitesse v	0,0106	0,0157	0,249	0,0380	0,0654	0,0951
$P-p$	0,152	0,230	0,385	0,549	0,642	0,740
Vitesse v	0,137	0,182	0,246	0,304	0,332	0,360

De ces expériences résulte que les lignes de courant dépendent de la vitesse et que les théories (Stokes, Oseen) qui conduisent à des lois $\mathcal{R} = av$ ne représentent pas les phénomènes.

4° Pour le disque, décrivons la courbe $\mathcal{R}(v)$. Quand le couple moteur croît, on reste sur la courbe V du régime visqueux, définie par les nombres du tableau. Pour $v = 0^{cm},36$ ($t^{o} = 11^{o},2$; $D = 10^{cm}$) le nombre de Reynolds est $N = 300$. En ce point, une augmentation du couple moteur donne une diminution de vitesse : on passe sur la courbe I du régime intermédiaire que l'on décrit jusqu'à la courbe H du régime hydraulique. De cette courbe, en diminuant successivement le couple moteur, on décrit la courbe H puis la courbe I; au point $v = 0^{cm},36$, on ne revient pas sur la courbe V et l'on décrit la courbe I de $v = 0^{cm},36$ à $v = 0^{cm},04$ (nombre de Reynolds de 300 à 33). Au-dessous de cette vitesse on repasse sur la courbe V et comme les courbes I, V divergent quand on s'approche de l'origine, au moment du retour sur la courbe V, une diminution du couple moteur triple la vitesse. Ainsi *on retrouve les deux courbes décrites par Reynolds et Couette pour l'écoulement* et l'on peut à son gré se placer sur l'une ou l'autre courbe, dans l'intervalle qui leur est commun, de $v = 0^{cm},04$ à $v = 0^{cm},34$.

Pour la sphère, on reste dans le régime visqueux jusqu'à $v = 0^{cm},50$ (nombre de Reynolds $N = 400$). Certains physiciens n'ont pu conserver le régime visqueux au delà de $N = 50$, en eau agitée. Mon résultat s'explique par le repos complet de l'eau, qui exige une attente de deux jours avant chaque expérience.

5° Je détermine les courbes $\mathcal{R}(v)$ pour des sphères de diamètre $D = 5$, 10, 14 et $18^{cm},5$. Pour une même vitesse, $\mathcal{R}(D)$ *croît plus vite que* D : la loi de similitude n'est pas vérifiée.

Pour la sphère $D = 18^{cm},5$, à la vitesse $v = 0^{cm},2$, la résistance est 19 fois plus grande que ne le veut la formule de Stokes.

6° Je détermine les courbes $\mathcal{R}(v)$ pour des cylindres de $D = 10$; 7; 2; 0,5; 0,2 et $0^{cm},012$. Pour $D = 10^{cm}$ la courbe $\mathcal{R}(v)$ part de l'origine comme une parabole $\mathcal{R} = av^2$. A vitesse constante, construisons la courbe $\mathcal{R}(D)$: quand D tend vers zéro, $\mathcal{R}$ tend vers une valeur supérieure à zéro.

7° Pour étudier la modification des lignes de courant au moment du passage du régime visqueux au régime intermédiaire, j'observe la chute d'une sphère de $D = 4^{cm},8$ dans un vase en verre plein d'eau.

Jusqu'à $v = 0^{cm},74$, on se trouve dans le régime visqueux (laminaire), les couches d'eau se recouvrent régulièrement dans la queue, sans tourbillon. Examinons les poussières qui se trouvent à 1^{mm} au-dessus de la calotte de la sphère du côté de la queue. Elles ont toutes un mouvement axipète (l'axe Δ de symétrie est la trajectoire du centre de la sphère).

Pour $v = 0,72$, certaines poussières prennent un mouvement axifuge : il naît un lent tourbillon unique, corrélativement la sphère est déviée : tourbillon et déviation indéfiniment de même sens. La mesure de $\mathcal{R}$ montre que l'on n'est plus sur la courbe du régime visqueux. Pour $v = 1,4$, le tourbillon unique est remplacé par un autre tourbillon de révolution autour de Δ : c'est le régime intermédiaire.

Pour $v = 5$, ce tourbillon grossit, la sphère est projetée, puis oscille : on entre dans le régime hydraulique.

HYDRAULIQUE FLUVIALE. — *Sur l'ajustement mathématique des courbes de débits d'un cours d'eau.* Note de M. **Robert Gibrat**, présentée par M. E. Jouguet.

Les différentes observations de débit faites à des intervalles égaux peuvent servir à définir une courbe de fréquence des débits et par sommation une courbe de régime donnant la fréquence des observations inférieures ou égales à un débit donné. L'ajustement mathématique de ces courbes présente un grand intérêt pour la détermination des caractéristiques principales de l'aménagement hydro-électrique d'un cours d'eau.

Soit t le nombre de jours où, pendant une période T, on a observé un débit inférieur ou égal à q, la formule d'ajustement que nous proposons pour la courbe de régime résulte de la combinaison des deux équations suivantes :

$$\text{(A)} \qquad \begin{cases} \dfrac{t}{T} = \dfrac{1}{\sqrt{\pi}} \displaystyle\int_{-\infty}^{z} e^{-z^2} dz, \\ z = a \log(q - q_0) - b, \end{cases}$$

a, b, q_0 sont trois constantes qui seront déterminées de façon à rendre l'ajustement le meilleur possible. La figure montre, dans un cas particulier

pris au hasard, la grande fidélité de l'ajustement. La courbe en traits discontinus donne l'ajustement obtenu par la formule parabolique à trois constantes utilisée jusqu'ici ([1])

$$(B) \qquad q = A + Kt^n.$$

Nous proposons comme indice d'irrégularité du cours d'eau la quantité $100/a$: elle varie en effet dans le même sens que tous les indices statistiques que l'on a pu proposer, rapport des quartils, interquartil relatif, écart quadratique, asymétrie, voussure, etc. Il est facile de montrer que l'on a la relation

$$\log\frac{Q - q_0}{S - q_0} = \frac{1}{4a^2 \log e}.$$

Q étant le débit moyen et S le débit médian ou semi-permanent. On peut à l'aide des formules A obtenir les courbes de débits moyens industriels, des coefficients d'utilisation, etc. Nous n'insisterons pas ici sur ce sujet.

La formule (B) est essentiellement empirique; au contraire l'interprétation théorique des formules (A) est très facile à découvrir : la courbe de fréquence des logarithmes des débits comptés à partir du débit minimum q_0 est une courbe en cloche de Gauss. On sait que cette dernière courbe est obtenue si les causes qui agissent sur un phénomène pour faire varier sa grandeur satisfont à trois conditions : elles sont nombreuses, leur effet est *indépendant* de celui des autres, l'effet de chaque cause est petit vis-à-vis de la somme des effets. En remplaçant dans l'énoncé précédent le mot indépendant par le mot *proportionnel*, on obtient les équations (A), aussi donnons-nous à la loi de probabilités représentée par ces formules, le nom de loi de l'effet proportionnel. Nous avons montré ailleurs ([2]) comment cette loi s'appliquait aux grandeurs économiques telles que les inégalités de richesse, la concentration des entreprises industrielles, la population des villes, les statistiques de famille, etc. L'exemple précédent, qui s'étend

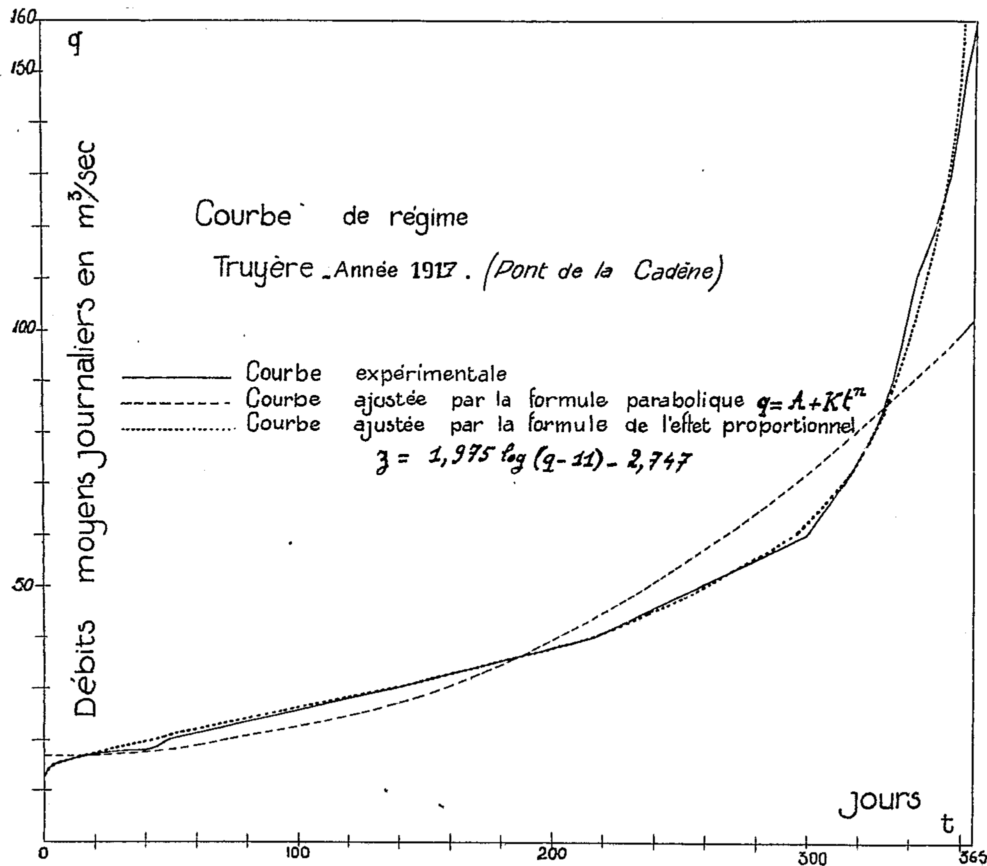
---

([1]) Coutagne, *Considérations sur les éléments caractéristiques du régime d'un cours d'eau* (*Revue générale de l'Électricité*, 8, 1920, p. 265).

([2]) Gibrat, *Les inégalités économiques*, 1931, p. 1 à 292 et, dans le *Bulletin de la Statistique générale de la France*, 19, 1930, p. 469 : *Une loi nouvelle des répartitions économiques, la loi de l'effet proportionnel.*

On y trouvera les formules mathématiques et les méthodes d'ajustement nécessitées par la loi.

sans difficulté à de nombreuses applications météorologiques (précipitations atmosphériques, etc.), nous fait croire que la formule de Gauss n'est



qu'une approximation de la précédente, valable lorsque les variations relatives diffèrent peu des variations absolues dans le champ de la grandeur considérée.

La loi de l'effet proportionnel n'est d'ailleurs aussi qu'un cas particulier de celles obtenues en supposant (¹) qu'une fonction quelconque de la variable suit la loi de Gauss.

(¹) KAPTEYN, *Skew Frequency Curves*, 1903.

AÉRODYNAMIQUE. — *Ondes balistiques planes obliques et ondes coniques. Application à l'étude de la résistance de l'air.* Note (¹) de M. F. **Bourquard**, présentée par M. Ernest Esclangon.

I. Hugoniot a établi la théorie des ondes planes et l'a appliquée en particulier à l'étude de la résistance de l'air sur un plan illimité avançant dans la direction de la normale.

J'ai étendu l'application de la théorie des ondes planes d'Hugoniot à l'étude des ondes balistiques planes qui peuvent être produites soit par une portion de plan avançant dans une direction oblique, soit par des dièdres, soit plus généralement par certains profils cylindriques.

J'ai en outre établi certaines propriétés des ondes balistiques produites par un cône de révolution avançant dans la direction de son axe.

Pour faire ces études je me suis servi de diagrammes de vitesses analogues à des hodographes.

J'avais déjà indiqué le principe de ces calculs dans le texte primitif d'un Mémoire (*surface d'onde et rayon sonore*) remis en 1928 au *Mémorial d'Artillerie* pour publication. La partie correspondante du texte, qui figure d'ailleurs dans les premières épreuves qui m'avaient été remises pour corrections a été supprimée dans le texte publié en 1929, le Comité de rédaction du *Mémorial* m'ayant demandé, en raison des résultats obtenus entre temps, de réserver cette publication pour un Mémoire distinct du précédent. Le nouveau Mémoire remis au *Mémorial* au début de 1930 paraîtra incessamment.

M. von Busemann (*Verdichtungsstosze in ebenen Gasströmungen*, *Congrès d'aérodynamique* d'Aix-la-Chapelle, 1929, paru en 1930) indique le principe des calculs pour les dièdres et pour certains profils cylindriques, mais où il n'aborde pas l'onde conique. Les résultats qui suivent sont nouveaux.

II. *Ondes de compression produites par un dièdre.* — Les résultats obtenus se traduisent par un réseau de courbes donnant la résistance de l'air en fonction de la vitesse u_1 et d'un coefficient de forme α (angle des faces du dièdre et de u_1). En outre, j'ai suivi, à l'aide de courbes appropriées les déformations des diagrammes lorsque les données varient.

(¹) Séance du 15 février 1932.

La vitesse nécessaire à la formation d'une onde balistique de compression, correspondant à un régime permanent, dépend de α. Cette vitesse est égale à la vitesse du son a_1 pour $\alpha = 0$; elle est infinie pour $\alpha = 50^G,65$ environ (lorsque le rapport des chaleurs spécifiques $C/c = \gamma = 1,4$); au delà pour $\alpha > 50^G,65$ il n'y a plus possibilité d'un régime permanent, il en est de même pour les vitesses insuffisantes pour qu'il se forme une onde balistique (résultat intéressant pour la discussion du paradoxe de d'Alembert).

Pour les vitesses susceptibles de provoquer la formation d'ondes balistiques, l'équation du troisième degré qui permet de résoudre la question donne deux mouvements acceptables. J'ai interprété ces deux mouvements par l'étude de la stabilité des régimes permanents correspondants et par l'étude des mouvements qui précèdent l'établissement des régimes permanents.

La troisième solution de l'équation sus-visée est à rejeter en raison des inégalités restrictives qui limitent l'application des formules employées.

Je montre qu'à partir d'une vitesse que je calcule et que je désigne sous le nom de vitesse critique, l'un des mouvements acceptables est tel, qu'en tout point, la vitesse relative de l'air par rapport au solide est plus grande que la vitesse du son.

Pour ce mouvement, la stabilité est assurée et les résultats obtenus s'appliquent même si le dièdre ou le demi-plan ne sont pas illimités.

Lorsque u_1 croît à partir de la vitesse critique, la variation de pression passe par un minimum. La pression et la température après le passage de l'onde croissent indéfiniment, mais la contraction tend vers une valeur finie, indépendante de α.

Pour faciliter les calculs ci-dessus j'ai mis sous une forme nouvelle les équations d'Hugoniot.

III. *Ondes de dépression produite par un dièdre.* — Les résultats nouveaux obtenus se traduisent par un réseau de courbes donnant la résistance de l'air en fonction de la vitesse U_1 du dièdre et d'un coefficient de forme α (angle de U_1 et de la face du dièdre considérée).

Pour une valeur de α donnée, lorsque u_1 croît à partir de la vitesse du son a_1 la résistance de l'air décroît, passe un minimum pour croître ensuite.

Lorsque α varie la résistance augmente avec α.

Ces résultats supposent que l'air glisse sur la face considérée du dièdre et n'est pas entraîné dans le mouvement à la vitesse u_1. En fait un tel entraînement peut se produire et je montre qu'il existe une suite continue de mouvements de régime permanents compatibles avec les données. L'air

entraîné est alors limité par un plan de glissement se détachant de l'arête du dièdre. Cette suite continue de mouvements permanents possibles offre une certaine analogie avec la suite continue des positions d'équilibre que l'on rencontre en statique dans l'étude des équilibres indifférents.

IV. *Ondes coniques de révolution.* — Je montre que ces ondes peuvent être produites par une surface conique de révolution, de sommet S, se déplaçant dans la direction de son axe SX. Des considérations de similitudes cinématiques me montrent que, pour le régime permanent, les surfaces d'égales pressions ou d'égale vitesse sont des surfaces coniques de révolution de sommet S et d'axe SX. En écrivant que la pression, la densité, la vitesse, etc. en un point M sont des fonctions de l'angle $MSX = \Theta$, je ramène les équations aux dérivées partielles du mouvement à des équations différentielles que j'intègre par la méthode classique des calculs par arcs.

L'hodographe, relatif à un point O, est caractérisé par des propriétés de la tangente et du rayon de courbure. Cet hodographe comprend une partie rectiligne U_1U_2 correspondant à la variation brusque de la vitesse au passage de la surface d'onde et une partie curviligne U_2U_3 correspondant à la variation continue de la vitesse à l'intérieur de l'onde. La partie U_1U_2 est un diagramme rencontré dans l'étude des ondes produites par un dièdre. L'arc U_2U_3 est tangent en U_2 à U_1U_2. Le centre de courbure de U_2U_3 en U_3 est le point C tel que $\overline{OC} = 2\,\overline{OU}_3$; $\overline{OC}$ et $\overline{OU}_3$ ayant la direction de la surface du cône.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Champ électromagnétique produit par un fil parcouru par un courant alternatif sinusoïdal au-dessus d'une couche conductrice.* Note de M. **Dubourdieu**, présentée par M. J. Hadamard.

Soit $Oxyz$ un système de coordonnées rectangulaires. On suppose l'espace rempli par un milieu de conductibilité σ_0, de constante diélectrique ε_0 et de perméabilité $\mu_0 = 1$ sauf dans la région $-\delta \leqq z \leqq 0$ qui est remplie par un milieu dont les constantes électromagnétiques ont pour valeur σ, ε, $\mu = 1$. Soit d'autre part $y = 0$, $z = d$ l'équation du fil indéfini F qui est parcouru par un courant $I = I_0 e^{-i\omega t}$. L'état de régime du champ électromagnétique $\left(\vec{E}\right.$, champ électrique; $\vec{H}$ champ magnétique$\left.\right)$ produit par ce courant s'obtient en cherchant les solutions des équations de Maxwell de la forme

$$\vec{E} = \vec{\mathcal{E}} e^{-i\omega t}, \qquad \vec{H} = \vec{\mathcal{H}} e^{-i\omega t}$$

où $\vec{\mathcal{E}}$ et $\vec{\mathcal{H}}$ sont indépendants du temps et doivent satisfaire d'une part aux conditions de régularité et de symétrie, et d'autre part aux conditions aux limites, imposées par la nature du problème. La solution est unique et elle est fournie par les relations

$$\mathcal{H}_x = 0, \qquad \mathcal{H}_y = \frac{\partial \Pi}{\partial z}, \qquad \mathcal{H}_z = -\frac{\partial \Pi}{\partial y};$$
$$\mathcal{E}_x = i\omega\mu\Pi, \qquad \mathcal{E}_y = 0, \qquad \mathcal{E}_z = 0;$$

où Π est une fonction de y et z qui a des expressions différentes suivant qu'on se propose de calculer le champ dans l'une des trois régions

$$(\text{I}) \quad z \geqq 0; \qquad (\text{II}) \quad -\delta \leqq z \leqq 0; \qquad (\text{III}) \quad z \leqq -\delta.$$

Dans la région (I), par exemple, on trouve

$$\Pi = \Pi_0 - \Pi'_0 + \Pi''.$$

1° Π_0 correspond au champ (dit *incident*) que produirait le fil si la couche $(-\delta \leqq z \leqq 0)$ n'existait pas. Elle est donnée par la relation

$$\Pi_0 = i\pi I_0 H_1\left[k_0\sqrt{y^2 + (z-d)^2}\right] = 2 I_0 \int_0^{+\infty} \cos\lambda y \, e^{-\sqrt{\lambda^2 - k_0^2}\,|z-d|} \frac{d\lambda}{\sqrt{\lambda^2 - k_0^2}},$$

où

$$k_0^2 = \omega(\omega\varepsilon_0 + i\,4\pi\sigma_0),$$

et où H_1 représente la première fonction de Hankel.

2° Π'_0 correspond au champ (dit *réfléchi*) que produirait dans la région (I) un fil symétrique de F par rapport à la surface supérieure $z = 0$ de la couche

$$\Pi'_0 = i\pi I_0 H_1\left[k_0\sqrt{y^2 + (z+d)^2}\right] = 2 I_0 \int_0^{+\infty} \cos\lambda y \, e^{-\sqrt{\lambda^2 - k_0^2}\,(z+d)} \frac{d\lambda}{\sqrt{\lambda^2 - k_0^2}}.$$

3° Π'' fournit un troisième champ qui vient se superposer aux deux premiers : elle est égale à

$$\Pi'' = 4 I_0 \int_0^{+\infty} \frac{N - P\,e^{-2\sqrt{\lambda^2 - k^2}\,\delta}}{N^2 - P^2\,e^{-2\sqrt{\lambda^2 - k^2}\,\delta}} \cos\lambda y \, e^{-\sqrt{\lambda^2 - k_0^2}\,(z+d)} \, d\lambda,$$

où

$$k^2 = \omega(\omega\varepsilon + i\,4\pi\sigma); \qquad N = \sqrt{\lambda^2 - k_0^2} + \sqrt{\lambda^2 - k^2}; \qquad P = \sqrt{\lambda^2 - k_0^2} - \sqrt{\lambda^2 - k^2}.$$

On aurait des expressions analogues dans les régions (II) et (III).

Si le premier milieu est l'air, et si la couche est formée par un milieu

conducteur, on peut, dans les expressions précédentes, négliger k_0 ainsi que $\omega^2\varepsilon$ et faire $k^2 = i4\pi\sigma\omega$; on remarquera que, Π_0 et Π'_0 présentant pour $k_0 = 0$ la même singularité logarithmique, il vient

$$\Pi_0 - \Pi'_0 = 2\,\mathrm{I}_0 \log \frac{\sqrt{y^2 + (z+d)^2}}{\sqrt{y^2 + (z-d)^2}}.$$

Si la couche est très conductrice, on constate qu'il y a réflexion totale, c'est-à-dire que Π'' devient négligeable.

L'étude des expressions précédentes donne lieu à une discussion théorique intéressante qui est étroitement liée à la nature des points singuliers du noyau qui figure dans l'intégrale Π''. On est ainsi conduit, suivant les ordres de grandeur respectifs des quantités $\sqrt{\sigma}\delta$, $\sqrt{\sigma}d$, $\sqrt{\sigma}y$, $\sqrt{\sigma}z$, à des expressions asymptotiques du champ électromagnétique.

Deux cas particulièrement intéressants correspondent :

1° à $\delta = \infty$ cas qui a déjà été étudié par Pollaczeck (*Elektrische Nachrichtentechnik*, 1926);

2° au cas d'une couche d'épaisseur infiniment petite. Dans celui-ci on peut aisément trouver des expressions asymptotiques qui s'expriment par des logarithmes intégraux; si l'on suppose de plus que lorsque l'épaisseur tend vers zéro, la conductibilité σ croît de manière que le produit $\sigma\delta$ tende vers une limite finie égale à la conductibilité superficielle, on retombe sur des formules qui ont été déjà données par M. Levi-Civita (*Rendiconti della Reale Academia dei Lincei*, 2, 1902).

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Coulabilité des alliages. Relation avec l'intervalle de solidification.* Note [1] de MM. **A. Portevin** et **P. Bastien**, présentée par M. L. Guillet.

Nous avons fait ressortir [2] l'importance des divers facteurs spécifiques sur la coulabilité des métaux purs, coulabilité mesurée par la longueur Λ d'une spirale plane et horizontale alimentée à son origine. Il importait de dégager ensuite les lois concernant la coulabilité des alliages et de compléter les résultats obtenus dans cet ordre d'idées [2].

---

[1] Séance du 15 février 1932.

[2] Guillet et Portevin (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 634) ont montré le maximum de Λ pour les eutectiques, en donnant comme exemple les alliages plomb-étain et plomb-bismuth.

Il est évident que cette coulabilité dépend du processus de solidification défini par les courbes de solidification et le faciès de cristallisation qui conditionne le mouvement des cristaux et leur arrêt dans le moule. Pour étudier ces facteurs, il faut maintenir rigoureusement constant le moule et avoir des conditions de coulée comparables entre elles; nous avons adopté le moule métallique en fonte déjà utilisé dans nos précédentes expériences, ce qui nous limitait aux alliages de métaux facilement fusibles: étain, antimoine, plomb, cadmium, etc., et nous avons opéré avec Θ — F constant (Θ température de coulée, F température du début de solidification) puisque, en première approximation, la coulabilité croît proportionnellement à cet écart, appelé parfois « surchauffe liquide ».

En choisissant des diagrammes binaires types réunissant les divers cas élémentaires de solidification (miscibilité limitée avec eutectique, composé défini avec maximum ou avec péritectique), il nous est apparu se dégager, des résultats trouvés, les lois suivantes :

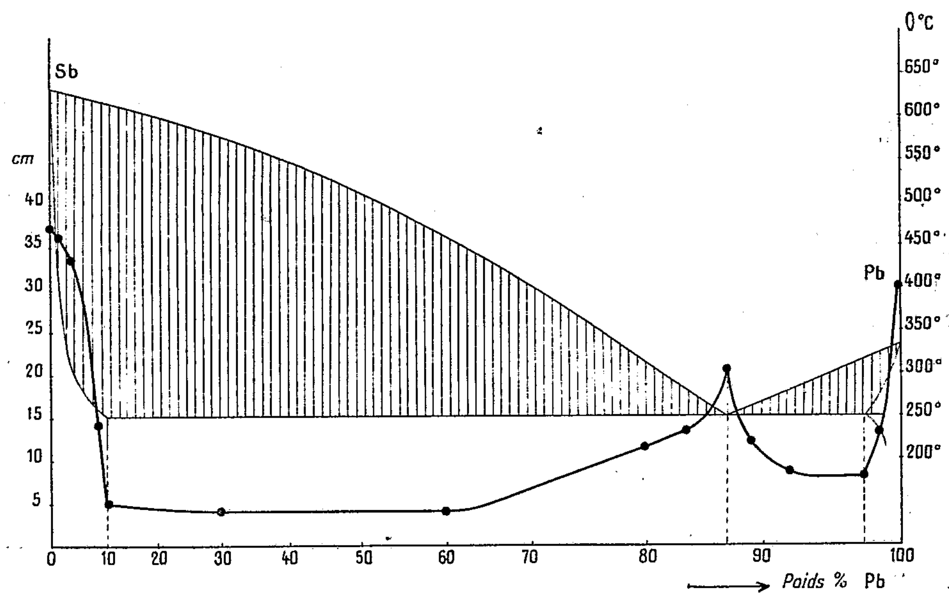
1° La coulabilité varie en sens inverse de l'intervalle de solidification, elle présente donc un maximum relatif lorsque la fusion est congruente : métaux purs, eutectiques, maximum du liquidus et est minimum pour les solutions solides saturées [1].

2° La coulabilité dépend du faciès de solidification et est relativement beaucoup plus grande lorsque le liquide donne naissance à des cristaux convexes (composés définis) que lorsqu'il fournit des dendrites (solutions solides voisines des métaux purs).

Comme exemple d'application de ces lois, nous donnons les résultats relatifs aux alliages plomb-antimoine et cadmium-antimoine; les figures (I) et (II) donnent les courbes de variation de Λ en fonction de la composition des alliages et nous avons fait figurer, sur les figures, les lignes de solidification correspondantes de façon à mettre en évidence la relation entre l'intervalle de solidification et Λ. Le maximum de Λ extrêmement aigu pour le composé défini SbCd montre la superposition des deux facteurs signalés plus haut : intervalle de solidification et faciès de cristallisation.

---

[1] Si les expériences sont faites à Θ constant, au lieu de Θ — F constant, l'influence de l'accroissement de la surchauffe liquide peut l'emporter sur celle de l'augmentation de l'intervalle de solidification et l'on trouve, dans ce cas, que Λ croît avec l'intervalle de solidification. Nous avons ainsi trouvé que, pour Θ constant (égal à 800°), l'addition d'aluminium ou de cuivre élève la coulabilité du magnésium, l'aluminium ayant d'ailleurs, à cet égard, une action supérieure à celle du cuivre.


Sb
Pb
cm
θ°C
650°
600°
550°
500°
450°
400°
350°
300°
250°
200°
40
35
30
25
20
15
10
5
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Poids % Pb

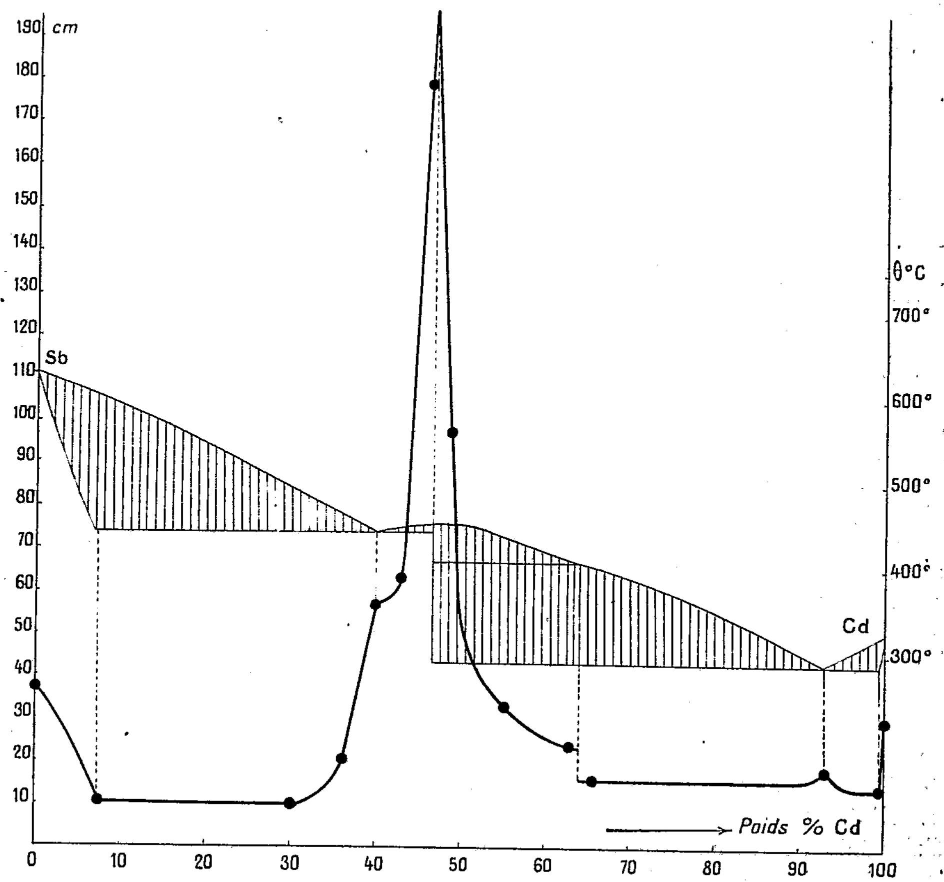

cm
190
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
Sb
Cd
θ°C
700°
600°
500°
400°
300°
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Poids % Cd

Fig. I et II.

Ces résultats prouvent, une fois encore, s'il en était besoin, la différence entre la fluidité et la coulabilité, dont la fluidité n'est qu'un des facteurs secondaires.

Ces lois nous ont permis d'interpréter correctement les courbes de coulabilité des alliages de magnésium : magnésium-aluminium et magnésium-cuivre, alliages pour lesquels l'oxydation et la formation d'une pellicule élastique de magnésie peuvent perturber la simplicité des résultats. Nous avons étudié l'influence des refusions successives sur la coulabilité des alliages de magnésium et trouvé que Λ commence à croître par suite des variations de composition chimique, passe par un maximum, puis décroît régulièrement lorsque l'épaississement du métal, dû à la présence d'oxyde et de nitrure, l'emporte sur le précédent facteur.

ÉLECTRICITÉ. — *Contribution à l'étude expérimentale de l'induction électrique*. Note de MM. **A. Turpain** et **H. Sabatier**, présentée par M. A. Cotton.

Lorsque deux postes de T. S. F., l'un émetteur, l'autre récepteur, munis chacun d'une antenne *unifilaire*, sont en relation, on admet que l'antenne émettrice joue le rôle d'inducteur au regard de l'antenne réceptrice jouant celui d'induit. La transmission d'un poste à l'autre a, dès la réalisation des expériences de Hertz, été considérée comme une extension de l'action que, dans le phénomène de l'induction, le circuit inducteur produit sur le circuit induit.

Or, dans le cas de deux antennes *unifilaires*, fixes l'une par rapport à l'autre, il ne peut être question d'invoquer une variation du flux d'induction Φ, grandeur essentiellement constituée par le produit d'un champ H par une surface S; $\Phi = HS$. Dans le cas d'antennes unifilaires dont le diamètre du fil est de l'ordre du millimètre, antennes situées à plusieurs dizaines de kilomètres l'une de l'autre, la surface S du conducteur induit est nulle. La question suivante, *d'ordre purement expérimental*, se pose : la variation du seul champ H suffit-elle à créer l'induction? Suffit-il que le nombre de lignes de force frappant un conducteur filiforme varie avec le temps pour que ce conducteur soit le siège d'un effet d'induction?

Des nombreuses expériences que nous avons effectuées sur cette question nous résumerons les principales :

Circuit induit ouvert. — Un conducteur filiforme, rectiligne sur environ six mètres,

est le siège d'un courant : c'est l'inducteur. Deux fils rectilignes, isolés, de $2^m,50$ chacun, séparés seulement par leur isolant de l'inducteur, flanquent ce dernier. Ils sont immédiatement à la suite l'un de l'autre; deux de leurs extrémités, celles immédiatement voisines, sont reliées par un double conducteur soigneusement torsadé aux bornes d'un galvanomètre de très grande sensibilité. Une série d'expériences a été faite avec un fil de cuivre de $1^{mm},2$ de diamètre comme inducteur; une autre série avec un fil inducteur formé de cuivre dans la moitié de sa longueur (3^m) et de fer pour l'autre moitié, les deux fils, fer et cuivre, étant de même diamètre. Rappelons qu'on admet que le coefficient de self-induction L d'un conducteur filiforme varie avec la perméabilité du métal qui le constitue : $L(\text{cm}) = \mu l(1/2 - 2\log_e r)$. Les fils de cuivre jouant le rôle d'induit sont reliés au galvanomètre soit simultanément, soit successivement.

Circuit induit fermé. — *Deux dispositifs : Dispositif a.* — Deux cadres carrés en bois de 15^{cm} de côté et 6^{mm} d'épaisseur, exactement identiques, sont placés, côte à côte, dans le même plan, un côté de l'un des cadres à $1^{mm},5$ d'un côté de l'autre. Appliqués ainsi sur une plaque mince de bois rigoureusement plane, ces cadres forment un rectangle de $30^{cm},15$ sur 15^{cm}. On enroule, en 8, autour des cadres, un fil de cuivre de $0^{mm},35$ de diamètre, recouvert de trois guipures donnant $0^{mm},75$ de diamètre, isolant compris. Le dispositif présente ainsi cinq enroulements sur chacun des cadres, dix des côtés rectilignes se logent exactement côte à côte dans l'espacement ($1^{mm},5$ sur 6^{mm}) entre les cadres. Ce dispositif est inséré entre les pôles d'un électro-aimant de Faraday muni de pièces polaires circulaires de 12^{cm} de diamètre. Le milieu de l'intervalle des cadres coïncidant avec le centre des pièces polaires, les effets d'induction sur les surfaces des enroulements se compensent exactement vu l'enroulement en 8; par contre les actions des lignes de force du champ de l'électro-aimant sur chacun des dix fils situés en face d'un des diamètres des pièces polaires s'ajouteront, si ces actions existent.

Dispositif b. — On dispose comme suit dix enroulements sur l'électro-aimant de Faraday. Chaque enroulement est exactement dans un plan vertical, l'un des côtés de l'enroulement suivant rigoureusement l'axe même d'une des bobines de l'électro-aimant. Ainsi aucun flux d'induction ne peut traverser ces enroulements, leur surface étant exactement dans le plan des lignes de force du champ. Par contre ces lignes de force frappent chacun des dix fils formant l'un des côtés des dix enroulements.

Les dispositifs *a* et *b* sont reliés au galvanomètre par un double conducteur soigneusement torsadé.

Résultats. — 1° Aucun de ces dispositifs, ni d'ailleurs plusieurs autres non décrits ici, ne nous a permis de déceler un effet d'induction dû *uniquement* au choc des lignes de force du champ sur un conducteur filiforme, cela ni à la fermeture, ni à l'ouverture du circuit inducteur. L'intensité du courant inducteur a varié de 2 ampères à 10 et à 30 ampères. Deux galvanomètres successivement employés permettent de déceler 10^{-7} et 10^{-9} d'ampère.

2° Au cours de ces expériences un effet électrostatique détermine une

déviation *permanente* du galvanomètre lorsqu'on n'a pas soin, par une mise à la terre convenable, de se débarrasser des charges électrostatiques produites. Nous avons employé, pour rompre le circuit inducteur, concurremment un interrupteur bipolaire et un interrupteur unipolaire. Les signes des charges électrostatiques ont été déterminés au cours de ces expériences à l'aide de l'électroscope condensateur de Volta. On a, à cette occasion, observé que lorsqu'un conducteur isolé, soit au coton, soit à la gutta, est mis en relation avec *l'un seul des pôles* d'une source d'énergie électrique (batterie d'accumulateurs de 120 volts, cas de l'emploi de l'interrupteur unipolaire), les conducteurs utilisés (fils *isolés* reliant la source aux ampèremètres, aux rhéostats et au circuit inducteur) restent capables de charger l'électroscope, alors même qu'ils ne sont plus en contact avec l'un des pôles de la source et cela un quart d'heure parfois après leur déconnexion d'avec la source. Effet vraisemblablement dû aux charges résiduelles que leur isolant conserve.

3° Alors que les galvanomètres de très grande sensibilité employés sont incapables de déceler aucun effet d'induction, il nous a été possible, en employant un écouteur téléphonique (type utilisé en T. S. F., résistance : 2000 ohms) d'observer un léger toc au téléphone substitué au galvanomètre pour la recherche des effets d'induction dans les dispositifs ci-dessus décrits. Toutefois ces tocs se produisent alors qu'*un seul pôle* de la source est relié au circuit inducteur et même alors qu'un conducteur récemment relié à la source mais qui vient d'en être séparé est connecté au téléphone; ces tocs ne peuvent donc provenir que d'effets électrostatiques. Ce qui fut vérifié : une mise à la terre convenable débarrasse des charges électrostatiques et supprime toute production de tocs au téléphone.

POLARISATION ROTATOIRE. — *Dispersions rotatoires des solutions benzéniques de pinène α droit et de pinène β gauche.* Note [1] de M. **J. Rabinovitch**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai mesuré la dispersion rotatoire des pinènes [2] (α et β) mélangés au benzène, pour voir si ces mélanges obéissent à la loi d'additivité. Les

[1] Séance du 29 février 1932.

[2] Ces pinènes proviennent de la purification de produits mis à ma disposition par M. Darmois : l'essence de pin d'Alep, qui donne le pinène α droit (p_E : 153-155°) et l'essence des Landes, qui donne le pinène β gauche (p_E · 163°).

mesures ont été faites à 20°C. dans un tube de $23^{cm},54$. Elles ont donné les résultats suivants :

1° *Dispersions des solutions de pinène α.* — Les courbes de dispersion $R = f(\lambda)$ montrent que les rotations pour chaque longueur d'onde sont proportionnelles aux concentrations (en volume) en pinène α. *Les mélanges pinène α, benzène se comportent donc comme des mélanges binaires.*

2° *Dispersion des solutions de pinène β.* — Les courbes de dispersion (*fig.* I II III et IV), qui correspondent respectivement au pinène β pur et à des solutions benzéniques contenant 75, 50 et 25 pour 100 en volume de pinène β, différent des courbes théoriques II' III' et IV' qui répresentent les dispersions que l'on aurait si le mélange pinène β, benzène se comportait comme un mélange binaire ([2]).

L'activité optique du pinène β paraît, dans les solutions benzéniques, beaucoup plus grande qu'à l'état pur. On voit, d'autre part, que la radiation λ_m, pour laquelle la rotation passe par un minimum, change avec la concentration : le minimum se déplace vers les courtes longueurs d'onde quand la concentration en pinène β diminue. De plus, des mesures faites dans l'ultraviolet montrent une inversion de signe du pouvoir rotatoire pour une longueur d'onde λ_0 d'autant plus courte que la solution contient moins de pinène β.

Ces anomalies de dispersion du pouvoir rotatoire naturel en solution peuvent s'expliquer en admettant que le mélange ne reste pas binaire, mais devient ternaire, le troisième constituant étant lui-même actif.

En effet, considérons les courbes II et II' correspondant à une proportion en volume c de pinène β. Pour une longueur d'onde λ_1, la rotation théorique est $\overline{AB} = cr_{\lambda_1}$, r_{λ_1} étant la rotation que donne le pinène β pur, tandis que la rotation mesurée est $\overline{AC} = R_{\lambda_1}$. L'écart à la loi d'additivité est représenté par $\overline{BC} = R_{\lambda_1} - cr_{\lambda_1}$. Soit c' la proportion en volume, inconnue du troisième constituant, et soit r'_{λ_1} la rotation également inconnue, qu'il donnerait s'il remplissait seul le tube polarimétrique. On a

$$R_{\lambda_1} = (c - c')r_{\lambda_1} + c'r'_{\lambda_1},$$

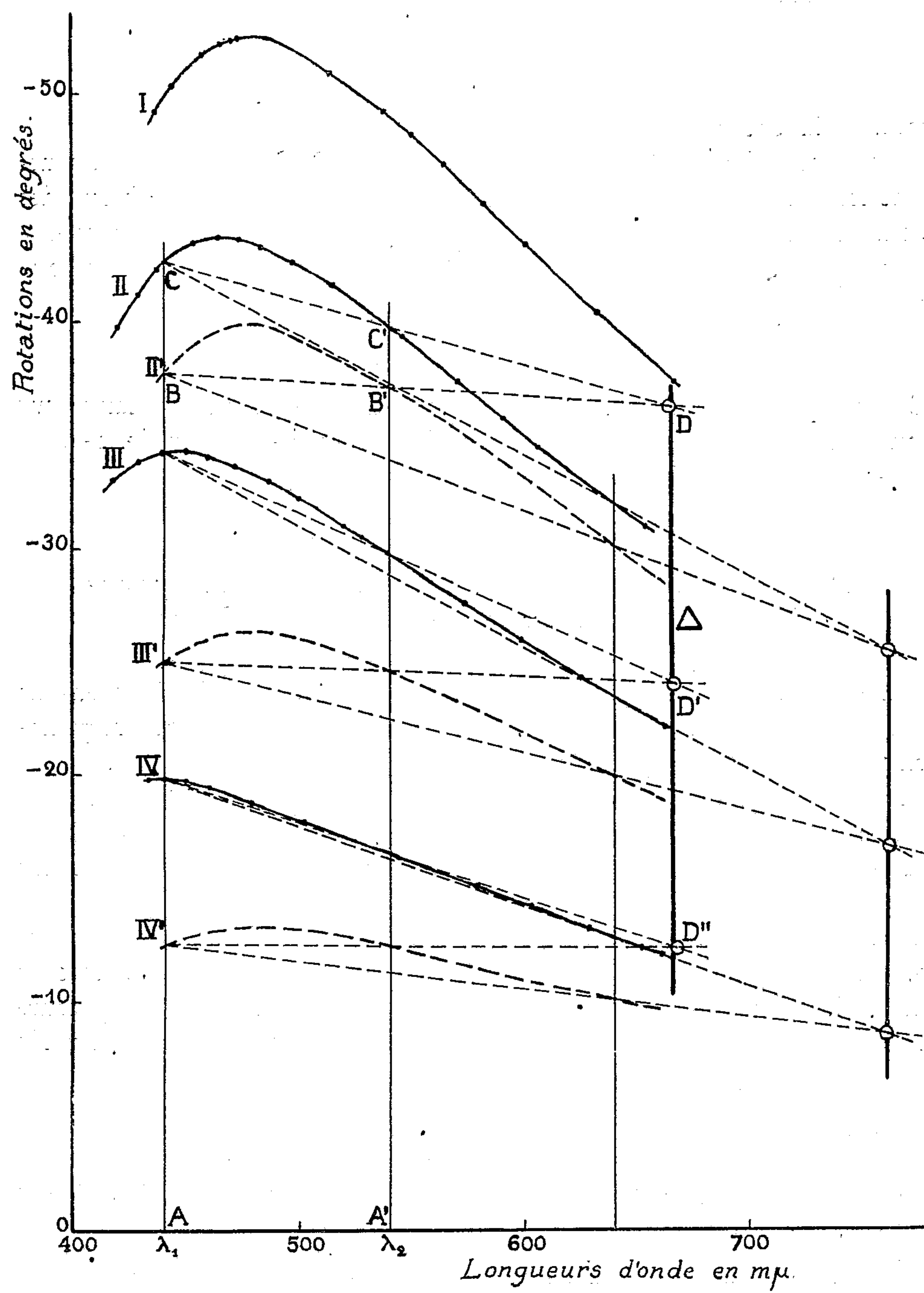
d'où

$$\overline{BC} = c'(r'_{\lambda_1} - r_{\lambda_1}).$$

De même pour une radiation λ_2 on a

$$\overline{B'C'} = c'(r'_{\lambda_2} - r_{\lambda_2}).$$

([1]) On obtient les courbes II', III' et IV' en réduisant les ordonnées de la courbe I dans les rapports 3/4, 1/2 et 1/4.



Rotations en degrés.
-50
-40
-30
-20
-10
0
I
II
II'
III
III'
IV
IV'
C
C'
B
B'
D
D'
D''
Δ
A
A'
400
λ1
500
λ2
600
700
Longueurs d'onde en mμ.

Le rapport

$$\frac{\overline{BC}}{\overline{B'C'}} = \frac{r'_{\lambda_1} - r_{\lambda_1}}{r'_{\lambda_2} - r_{\lambda_2}}$$

est donc indépendant des concentrations [1].

Les droites BB′ et CC′ se coupent en un point D. Si l'on répète la construction sur des courbes correspondant à d'autres solutions, on obtient des points D′, D″, ..., *Tous ces points doivent, si notre hypothèse est correcte, se placer sur une même droite Δ parallèle à l'axe des rotations* [2]. J'ai indiqué sur la figure deux séries de vérifications, en prenant successivement

$$\lambda_1 = 440^{m\mu}, \quad \lambda_2 = 540^{m\mu} \quad \text{et} \quad \lambda_1 = 440^{m\mu}, \quad \lambda_2 = 640^{m\mu}.$$

On voit que la vérification est satisfaisante. Comme elle peut se faire pour tout couple de valeurs de λ, on peut conclure à l'existence, dans le mélange pinène β, benzène, d'un troisième constituant.

DIFFUSION MOLÉCULAIRE. — *Effet Raman et moment dipolaire.* Note de M. **A. Kastler**, présentée par M. A. Cotton.

L'expérience montre que les raies Raman d'un corps à l'état gazeux ne sont pas à la même place qu'à l'état liquide. En général la fréquence Raman est diminuée quand on passe du gaz au liquide. La diminution, faible pour les substances non polaires, peut devenir importante lorsque les molécules possèdent un moment électrique [3]. Dans H^2O par exemple, la vapeur présente une raie fine, vers 3655 cm^{-1} [4] alors que l'eau liquide donne une bande diffuse vers 3420 cm^{-1} présentant deux ou même trois maxima. Il existe cependant aussi des cas où la fréquence Raman est plus grande à l'état liquide qu'à l'état gazeux : dans HCN la fréquence interne du radical $C \equiv N$ est accrue de 10 cm^{-1} par la liquéfaction. J'ai mesuré $\Delta\nu = 2089$ cm^{-1} dans HCN gazeux à 80° C. et 2098 cm^{-1} dans HCN liquide

(1) Ce calcul est inspiré du Mémoire de MM. Cotton et Mouton, *Sur la biréfringence magnétique des liquides* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 30, 1913, p. 321).

(2) Si le solvant était lui-même actif, la méthode graphique que j'indique s'applique encore. D'une façon plus générale, si, dans un mélange de *n* constituants actifs, il apparaît un constituant supplémentaire et un seul, on doit retrouver la droite Δ.

(3) Vue d'ensemble dans Kohlrausch : *Der Smekal-Raman Effekt*, Chap. V.

(4) Daure et Kastler, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1721

à 20° C. Le changement ne peut pas être attribué à la différence de température, car la fréquence du liquide est encore la même à 65° C.

Dans CH^3COOH l'une des fréquences Raman semble plus petite à l'état gazeux qu'à l'état liquide :

Gaz..................	$\Delta\nu =$	855 (895*)	1820 (1795*)	2955 cm^{-1} (¹)
Liquide..............	$\Delta\nu =$	895	1670	2940 cm^{-1}
Différence............		— 40	+ 150	+ 15

Dans CH^3OH les fréquences observées à l'état vapeur sont à la même place ou légèrement augmentées :

Gaz..................	$\Delta\nu =$	1035	?	2842	2950
Liquide..............	$\Delta\nu =$	1035	1462	2837 ± 6	2945 ± 5
Différence............		0		+ 5	+ 5

Les raies de la vapeur sont plus fines que celles du liquide.

Pour expliquer ces modifications, diverses causes ont été envisagées.

Breit et Salant en énumèrent trois (²) :

1° Les forces de couplage produites par les moments induits par l'onde incidente dans les molécules voisines. La théorie de la dispersion calcule pour cet effet une diminution de 3 à 5 cm^{-1} par liquéfaction.

2° Les forces quantiques exercées par les molécules les unes sur les autres. Cremer et Polanyi (³) ont évalué dans un cas particulier l'effet de ces forces sur la fréquence Raman, et ils ont trouvé un résultat qui n'explique pas l'ampleur de l'effet observé dans le cas des molécules polaires.

3° L'effet électrostatique des molécules voisines. L'étude de cette dernière action n'a pas été développée jusqu'ici.

Les modifications très fortes de la fréquence Raman se présentent pour les molécules qui possèdent un moment électrique permanent. Les recherches entreprises à ce sujet permettent d'affirmer que ce sont les champs

---

(¹) Cette coordination des raies est la plus probable.

Les raies Raman des composés de la série aliphatique sont faibles, même dans les liquides. Dans les vapeurs à 4 ou 5 atmosphères et avec des temps de pose de 4 à 5 jours, seules les raies les plus intenses paraissent sur les clichés. Les raies marquées d'un astérisque sont des satellites très faibles qui accompagnent dans la vapeur les raies principales 855 et 1820 cm^{-1}.

(²) G. Breit et E. O. Salant, *Physical Review*, 36, 1930, p. 871.

(³) E. Cremer et H. Polanyi, *Zeitschrift f. physik. Chemie*, 1931, p. 770, Bodenstein-Festband.

électrostatiques créés par les dipôles voisins qui altèrent les fréquences de vibration intramoléculaires. Cette action peut être précisée de manière à donner le sens du déplacement.

La force d'une liaison de valence, et par suite la fréquence de vibration correspondante, dépend de la cohésion des électrons de valence, chargés négativement.

Nous pouvons donc prévoir les règles suivantes : *le voisinage d'une charge négative doit relâcher la liaison et diminuer la fréquence Raman; le voisinage d'une charge positive doit resserrer la liaison et augmenter la fréquence Raman.*

Les molécules dipolaires voisines doivent agir dans l'un ou l'autre sens suivant qu'elles s'approchent de la liaison envisagée par leur bout négatif ou positif. Comme les centres positifs sont eux-mêmes entourés de couches électroniques négatives, leur action doit être peu efficace à faible distance $\left(\text{sauf le cas des ions } \underset{+}{\text{H}}\right)$ Nous devons donc prévoir le plus souvent une diminution de fréquence à l'état liquide. L'effet contraire est plus rare, mais il en existe des exemples. Le cas se présente pour la fréquence $C \equiv N$ de $\underset{+}{H}\underset{-}{C}N$, molécule fortement polarisée. Du radical $\underset{-}{CN}$, électronégatif, les molécules voisines s'approcheront par leur bout positif $\left(\underset{+}{H}\right)$ et augmenteront la fréquence.

L'action mutuelle des dipôles électriques est aussi une cause d'association moléculaire. Lorsque la raie Raman subit un déplacement défini sans élargissement, il est probable qu'il se forme un complexe défini (ou en cas de dédoublement de la raie plusieurs complexes coexistants). Si, au contraire, la raie dégénère dans le liquide en bande diffuse, les fluctuations doivent jouer un rôle important. Dans les deux cas, l'action de la température sera intéressante à étudier.

Les règles énoncées plus haut sont confirmées par :

1° l'étude des réfractions moléculaires [1];

2° l'étude de l'effet d'un cation voisin sur la fréquence Raman d'un anion complexe. Gerlach [2] a observé que la fréquence interne de l'ion NO^3 est d'autant plus augmentée par la présence d'un cation que le champ électrique de celui-ci est plus intense;

3° l'étude des modifications que subit la fréquence Raman d'une liaison

---

(1) Errera, *Polarisation diélectrique*, p. 140.

(2) W. Gerlach, *Annalen der Physik*, 5, 1930, p. 196.

par des substitutions voisines dans la même molécule. Bourguel [1] a montré que l'introduction d'un radical électropositif (CH^3) augmente la fréquence d'une liaison éthylénique alors que le voisinage d'un atome électronégatif (Cl) la diminue.

D'autres recherches seront poursuivies pour étudier l'action du champ intermoléculaire des molécules polaires.

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — *Pouvoir rotatoire magnétique du néon.* Note de MM. **R. de Mallemann**, **L. Gabiano** et **F. Suhner**, présentée par M. A. Cotton.

Le néon pur, préparé spécialement par la Société *L'Air liquide*, est introduit dans un tube de laiton, long de $7^{m},20$ et de 17^{mm} de diamètre intérieur; le tube avait été préalablement vidé à une fraction de millimètre près. Il est fermé, à chaque extrémité, par des glaces non biréfringentes et protégé contre toute variation de température par une circulation d'eau à 7° C. Les trois tubes coaxiaux qui constituent la chambre à gaz et son manchon protecteur, à double enveloppe, sont placés dans le grand solénoïde, précédemment décrit. Les extrémités du tube central sont à plus de 70^{cm} des extrémités des bobines; les glaces sont ainsi soustraites à toute action appréciable du champ magnétique. Le néon est comprimé au moyen d'une pompe à mercure; un léger accident ne nous a pas permis d'atteindre la pression de $3^{kg},5$ qui avait été prévue, et nous avons dû limiter la pression d'expérience à 1606^{mm}.

Les premières observations ont été faites en prenant une intensité de 42 ampères, ce qui correspond à une différence de potentiel magnétique de 1123000° C. G. S., mais les mesures étant longues et délicates, nous avons dû réduire ensuite le courant à 35 ampères, pour éviter un trop grand échauffement des bobines; le potentiel correspondant est 935000 C. G. S. La lumière utilisée est la raie verte d'un arc au mercure ($\lambda = 546^{\mu\mu}$).

Dans ces conditions les rotations sont parfaitement nettes, mais excessivement petites, comme il avait été prévu. Des séries de mesures ont été faites successivement par chacun des trois observateurs; elles concordent à 1/100e ou 2/100e de degré près.

Les rotations doubles sont comprises entre 0°,06 *et* 0,09. En prenant la

---

(1) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 934.

moyenne des rotations simples, 0,035, soit 2,1 minutes, on obtient la valeur suivante de la constante de Verdet (réduite à la pression normale) :

$$\Lambda_{760} \frac{2,1 \times 760}{935 \times 1606} 10^{-3} = 1,1 . 10^{-6}.$$

La constante du néon est donc près de six fois plus faible que celle de l'hydrogène, et sensiblement le huitième de la constante de l'argon. Bien que les mesures soient précises, le résultat ne peut être donné qu'à 20 pour 100 près, en raison de l'extrême petitesse des rotations.

Les considérations suivantes semblent néanmoins indiquer que le nombre précédent doit être assez voisin du nombre exact. Nous avons montré ailleurs que, dans le cas de l'*argon*, le nombre p des électrons optiques de l'atome, calculé à partir de la constante de Verdet expérimentale, soit 4, 3, était en bon accord avec le nombre déduit directement des constantes de dispersion.

Or, en introduisant la valeur numérique que nous venons de trouver dans l'expression théorique de la constante de Verdet du *néon*, on obtient $p = 2, 3$, et les constantes de dispersion du néon, $A = 6, 66.10^{-5}$; $B = 2, 4.10^{-11}$ (Cuthberson) donnent très sensiblement cette même valeur 2, 3.

On peut conclure que, dans le cas des gaz monoatomiques, il existe certainement une connexion simple entre la rotation magnétique et la réfraction correspondant, au moins qualitativement, au schème de la théorie élémentaire; il n'en est pas ainsi dans le cas des gaz polyatomiques.

Si nous étendons cette conclusion à l'*hélium*, on aurait $p = 1, 2$, et la dispersion de réfraction ferait prévoir une constante de Verdet qui serait environ deux fois plus petite que celle du néon. Effectuées dans les conditions précédentes, les mesures seraient donc tout à fait incertaines. Il ne serait pas impossible d'augmenter la différence de potentiel magnétique, car un espace libre a été réservé sur les forces de nos bobines pour des enroulements supplémentaires éventuels, qui permettraient de porter la différence de potentiel à 2 millions C. G. S. Mais il serait certainement plus avantageux d'augmenter la pression du gaz. Les observations sur le néon permettent de préciser les conditions d'une mesure acceptable sur l'hélium. Il y aurait lieu de réaliser : 1° une pression d'au moins 5 à 10^{kg}; 2° une différence de potentiel magnétique de 1 à 2 millions C. G. S. L'opération exigerait des moyens techniques considérables, et les rotations ne dépasseraient pas 5 à 10 minutes.

BIRÉFRINGENCE MAGNÉTIQUE. — *Sur la variation de la constante de température de la biréfringence magnétique et de la constante d'Havelock pour quelques substances organiques fondues.* Note de M. **Constantin Salceanu**, présentée par M. A. Cotton.

I. La variation avec la température de la constante de Cotton-Mouton, λ étant constant, a été étudiée dans divers liquides (¹). Les résultats s'accordent approximativement avec la théorie. L'équation de Langevin-Born :

$$C = -\frac{(n^2-1)(n^2+2)}{60n\lambda KT}\,\frac{(A-B)(A'-B')+(B-C)(B'-C')+(C-A)(C'-A')}{A+B+C},$$

où C représente la constante de Cotton-Mouton, n l'indice de réfraction, A, B, C et A', B', C' les moments optiques et magnétiques induits le long des trois axes perpendiculaires des ellipsoïdes optique et magnétique de la molécule, pris par unité de force, se réduit à l'expression :

$$C = K\frac{d(n^2+2)^2}{nT},$$

dans le cas où l'on suppose que les anisotropies optique et magnétique de la molécule sont indépendantes de la température. Dans cette expression, d est la densité et K une constante indépendante de la température absolue T.

J'ai essayé de vérifier cette formule dans le cas du naphtalène, du β-méthylnaphtalène et du phénanthrène. J'ai obtenu les nombres suivants ($\lambda = 578\ m\mu$) :

T.	d.	n.	$C \times 10^{12}$.	$K \times 10^{12}$.
		Naphtalène.		
356	0,969	1,5917	1,95	550
384,5	0,951	1,5760	1,70	541
398	0,940	1,5695	1,63	544
438	0,912	1,5467	1,52	586
461	0,889	1,5330	1,46	612

(¹) Cotton et Mouton, *Annales de Phys.*, 20, 1910, p. 235; Szivessy, *Ann. der Phys.*, 68, 1922, p. 127, et 69, 1922, p. 231.

T.	*d.*	*n.*	$C \times 10^{12}$.	$K \times 10^{13}$.
		β-méthylnaphtalène.		
307	0,969	1,6056	2,48	600
322	0,960	1,5997	2,34	603
351,5	0,949	1,5864	2,05	590
373	0,938	1,5750	1,88	588
		Phénanthrène.		
373	1,058	1,6600	4,07	1052
403	1,046	1,6502	3,62	1031
423	1,030	1,6395	3,36	1028

De ces nombres il résulte que pour des températures pas trop différentes de celles du point de fusion, K reste constant. Pour des températures supérieures, K varie sensiblement. Dans le cas du naphtalène, il croît. Or K dépend des deux anisotropies : optique et magnétique, et pour l'anisotropie optique Ramashandra Rao ([1]), en travaillant sur quelques corps organiques (appartenant, il est vrai, à la série aliphatique), avait trouvé que lorsque la température s'élève beaucoup, l'anisotropie optique augmente de plus en plus vite. S'il en est de même pour le naphtalène fondu, l'accroissement marqué de K que nous constatons ici se trouve rattaché au fait que les caractères de la diffusion de la lumière par les liquides se rapprochent de ceux qu'on observe pour les gaz lorsqu'on se rapproche du point critique.

II. La même équation de Langevin-Born se réduit à l'expression qui représente la loi d'Havelock :

$$C = h\,\frac{(n^2-1)^2}{n\lambda}$$

si les anisotropies magnétique et optique des molécules ne changent pas avec la longueur d'onde.

Divers auteurs ont vérifié approximativement cette loi. J'ai cherché moi-même à vérifier la constance de h pour deux corps fondus : le β-méthylnaphtalène et le phénanthrène. J'ai obtenu les nombres suivants :

([1]) Ramashandra Rao, *The scattering of light by liquids at high temperatures* (*Ind. Journ. of Physics*, 2, 1927, p. 7-24).

λ.	n.	C × 10^{12}.	h × 10^{12}.
	β-méthylnaphtalène.		
	$t = 70,5$		
578	1,5882	2,13	843
546	1,5930	2,28	839
436	1,6248	3,07	807
	Phénanthrène.		
	$t = 116,5$		
578	1,6555	3,84	1213
546	1,6630	4,13	1203
436	1,7100	5,68	1144

Le tableau montre une décroissance de cette constante avec la longueur d'onde, décroissance constatée également par MM. Cotton-Mouton et Szivessy (¹) dans le seul cas du nitrobenzène.

Dans le cas du nitrobenzène (mesures de Cotton-Mouton) cette décroissance atteint en moyenne 2 pour 100 en valeur relative; (pour l'intervalle $578 m\mu - 436 m\mu$) dans le cas du β-méthylnaphtalène 4 pour 100, et dans le cas du phénanthrène 6 pour 100. Il semble donc que la constante d'Havelock subit une diminution de plus en plus grande, au fur et à mesure qu'on passe du noyau benzénique au noyau naphtalénique, et de celui-ci au noyau phénanthrénique.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Mesure de l'épaisseur des lames minces cristallines par variation d'incidence.* Note de MM. **André Marcelin** et **Lew Kowarski**, présentée par M. Jean Perrin.

La mesure de l'épaisseur des lames minces cristallines présentant des couleurs d'interférence par réflexion (notamment des lames de mica obtenues par le procédé Wood) se fait colorimétriquement en comparant la couleur de la lame observée sous incidence normale avec les teintes de l'échelle de Newton données par un comparateur Michel Lévy (voir R. Marcelin, *Ann. de Phys.*, 9ᵉ série, 10, 1918, p. 160). La précision de la méthode n'est pas la même en tous les points de l'échelle; on n'obtient des résultats plus ou moins satisfaisants qu'aux environs de la teinte sensible du premier ou du deuxième ordre.

(¹) Cotton-Mouton, *Annales de Phys.*, 20, 1910, p. 213; Szivessy, *loc. cit.*

Au lieu de comparer la couleur fixe de la lame avec la couleur variable du comparateur, on peut choisir une fois pour toutes une teinte de référence et amener la couleur de la lame en coïncidence avec elle *en faisant varier l'angle d'incidence de la lumière* et en même temps l'angle sous lequel on observe la lame. La différence de marche introduite par la lame est, en effet, une fonction de cet angle

$$\Delta = 2e\sqrt{n^2 - \sin^2 i}.$$

Cette méthode présente les avantages suivants : 1° les comparaisons portent toujours sur la même teinte, ce qui permet un apprentissage de l'observateur dans des conditions bien fixées; 2° une mesure d'angle peut se faire avec une précision plus grande qu'une lecture sur le comparateur; 3° au lieu d'observer seulement les plages de couleur voisine de la teinte sensible, on peut, sans diminuer la précision, observer les plages de toutes les couleurs allant du pourpre jusqu'au bleu verdâtre (deuxième ordre) ou même jusqu'au vert jaunâtre (troisième ordre). Signalons en passant que la variation d'incidence permet de reconnaître immédiatement l'ordre d'une teinte; pour une variation donnée d'angle, le changement perceptible d'une teinte est d'autant plus grand que son ordre est plus élevé.

La direction d'observation (c'est-à-dire celle du faisceau réfléchi) étant supposée fixe, c'est la direction de la normale au plan de la lame qui doit être variable. Faisons tourner le plan de la lame d'un angle α; pour que la direction du faisceau réfléchi reste la même, le faisceau incident doit tourner de 2α. Cette condition peut être réalisée soit optiquement (par combinaison d'un miroir et d'une lame semi-argentée), soit mécaniquement (par un système de tiges articulées).

C'est ce dernier dispositif que nous avons adopté pour nos premières expériences : un collimateur mobile sur un cercle divisé éclaire la lame placée verticalement au centre du cercle et la lumière réfléchie est reçue dans un viseur fixe. Il s'agissait de vérifier que la formule ci-dessus est bien valable pour une lame mince cristalline présentant les teintes de Newton des premiers ordres. Une plage est observée sous les incidences i_1 et i_2; les lectures correspondantes du comparateur Michel Lévy sont c_1 et c_2; les lectures qui correspondent aux teintes sensibles du premier et du deuxième ordre sont, respectivement, c' et c''. On doit avoir

$$\frac{c_1 + c'' - 2c'}{c_2 + c'' - 2c'} = \sqrt{\frac{n^2 - \sin^2 i_1}{n^2 - \sin^2 i_2}} = \frac{\Delta_1}{\Delta_2}$$

n est l'indice moyen du mica qu'on peut poser égal à 1,60; i_1 et i_2 sont lus sur le cercle divisé avec toute la précision voulue (dans nos expériences i_1 était le minimum permis par l'appareil, soit 33°45′ et la différence $i_1 - i_2$ était d'exactement 30°). Dans ces conditions le second membre de l'équation ci-dessus est égal à 1,132. Le premier membre contient c_1, c_2 et le terme $c'' - 2c'$ qui est une constante du comparateur. La détermination de cette constante n'exige que des observations de teintes sensibles; d'ailleurs, étant donné qu'elle intervient à la fois dans le numérateur et dans le dénominateur, les erreurs commises sur sa mesure n'ont que peu d'influence sur la valeur numérique du premier membre. On peut dire en somme que la précision de l'expérience dépend uniquement des erreurs dans la détermination de c_1 et de c_2.

De ces deux mesures l'une au moins porte sur une couleur autre que la teinte sensible; d'autre part, étant données les imperfections de l'appareil et notamment les lumières parasites, le choix dans l'échelle du comparateur de la teinte qui se rapproche le plus de la couleur de la plage dépend en une certaine mesure de l'arbitraire de l'observateur. On conçoit donc que la précision ne peut être que limitée.

Nous avons pu constater qu'un œil non exercé attribue à la plage, un peu lavée de blanc par les lumières parasites, une teinte trop déplacée vers la région lumineuse du spectre. C'est ainsi qu'en observant une plage bleu verdâtre à i_1 et rose à i_2, la plupart de nos observateurs ont manifestement exagéré la nuance verdâtre du bleu et la nuance rougeâtre du pourpre; ils ont ainsi obtenu pour Δ_1/Δ_2 des valeurs voisines de 1,16 au lieu de la valeur théorique 1,132. Après un entraînement prolongé dans la comparaison de teintes pures avec des teintes lavées, l'un de nous a fait sur la même plage deux séries de mesures qui ont donné pour résultat 1,121 et 1,122. Ce sont ces chiffres que nous considérons actuellement comme les plus précis; l'écart avec la valeur théorique est inférieur à 1 pour 100 de sorte que la loi peut être considérée comme vérifiée dans les limites des erreurs de l'expérience.

Ce premier résultat est encourageant et montre qu'il y a intérêt à poursuivre cette étude, notamment en perfectionnant l'appareil.

CHANGEMENTS D'ÉTAT. — *La loi thermique des liaisons homéopolaires. Loi des points de Curie et loi des points de fusion.* Note de M. **R. Forrer**, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai montré récemment [1] que les points de Curie Θ suivent la loi thermique discontinue $\Theta = T_1\sqrt{N}$, où N est le nombre de contacts efficaces qu'ont les orbites d'un atome avec celles de ses voisins et T_1 la température absolue pour $N = 1$. Ces contacts entre orbites d'atomes voisins de même espèce constituent une *liaison homéopolaire*. J'admets donc que la loi des points de Curie est applicable *sans changement* aux points de fusion (T_f), aux points de transformation (T_{tr}), aux températures d'anomalies (T_a), etc.

Si tous les contacts existants sont *équivalents*, leur rupture conduit à la *fusion* (T_f). Si à une certaine température le corps, supposé fondu, trouve un autre arrangement avec plus de contacts, nous sommes en présence d'une *transformation* (exemple thallium, $t_{tr} = 231°$ C.). Mais s'il existe deux espèces de contacts non équivalents, l'espèce la moins nombreuse se rompt d'abord seule [température d'anomalie T_a en général, Θ en particulier, avec moment (nickel) ou sans moment (laiton β), point de transformation T_{tr} (cobalt)]. Les contacts de l'autre espèce, étant plus nombreux, seront rompus à T_f.

Dans les fluctuations du facteur T_1 sont comprises toutes les influences d'importance subordonnée qui pourraient altérer T (influence du diamètre des orbites, du poids atomique, etc.). L'examen des matériaux m'a montré que le facteur $T_1 = 301$, tiré du Θ du fer, est aussi le facteur moyen pour les T_f, etc. La variation observée de ± 5 pour 100 sur T_1 entraîne une variation de ± 10 pour 100 sur N. On ne peut donc déterminer N sans ambiguïté que dans les cas où $N < 5$ environ.

Pour trouver le nombre N probable, on calcule ^{301}N. Le choix du nombre rond détermine ensuite le facteur T_1.

Vérification de la loi. — Les matériaux sont trop abondants pour pouvoir être présentés ici. Je donne donc surtout les différents principes de contrôle et quelques exemples.

La limite inférieure (pour $N = 1$: $t_f = 28°$C.) des T_f est marquée par une accumulation des t_f (Cs, $t_f = 26°$; Ga, $t_f = 28°$; Rb, $t_f = 38°$, etc.).

Pour une *vérification physique* il faut s'adresser surtout aux métaux avec

---

[1] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 697 et 779.

points de fusion peu élevés. Le *gallium* est cristallisé en couches de manière que chaque atome possède cinq voisins dans la même couche et *un seul* dans la couche voisine. Son point de fusion donne $N = \mathbf{1}$ pour $T_1 = 303$. Dans le plomb ($t_f = 327°,5$C., $N = \mathbf{4}$ pour $T_1 = 300$) un atome possède *quatre* voisins dans un plan $\perp$ à l'axe quaternaire. Le réseau hexagonal du cobalt avec *six voisins* dans le plan $\perp$ à l'axe sénaire est stable jusqu'à 470°C., ce qui donne $N = \mathbf{6}$ pour $T_1 = 303$.

Encore plus impressionnant est l'accord pour des corps où T_{tr} et T_f donnent un *rapport simple* des N avec sensiblement le *même* facteur T_1. L'étain a un point de transformation à 15°C., $N = \mathbf{1}$ avec $T_1 = 288$; son point de fusion est à 232°C., avec $N = \mathbf{3}$ et $T_1 = 291$. Le rapport des N est 1:3. Autre exemple : Tl; $t_{tr} = 231°$, avec $N = \mathbf{3}$ et $T_1 = 291$. $t_f = 303°$C., avec $N = \mathbf{4}$ et $T_1 = 289$. Rapport 3:4.

L'indium ($^{302}N = 2$) et le plomb ($^{300}N = 4$) forment une solution solide de 0 à 100 pour 100. Le rapport simple $2/4 = 1/2$ de leurs N est peut-être la condition de la solubilité. Inversement on peut utiliser cette propriété pour attribuer à un métal, dont le N est douteux, le nombre rond qui convient. Exemple : la solution solide de Sb ($^{301}N = 9,00$) et Bi ($^{301}N = 3,27$). Le rapport simple 3 : 1 s'impose. Il faut donc attribuer au Bi $N = \mathbf{3}$ avec $T_1 = 314$. Bi a d'ailleurs dans son réseau **3** *voisins* équivalents.

La loi s'étend probablement aussi à celles des *combinaisons*, auxquelles on a attribué jusqu'à présent des liaisons polaires exclusivement. Les T_f des combinaisons du type NaCl, avec des constituants de poids atomique moyen, sont situés aux environs de 770° C. ($N = 12$, Θ du fer). Le fait que les halogénures de l'argent ont des T_f voisins de 450° C. ($N = 6$) démontre que la liaison polaire joue un rôle subordonné et met en évidence le rapport $12/6 = 2/1$ dans des cas analogues, en apparence.

La *décomposition* est soumise probablement à la même loi. Je cite comme exemple $IrCl^2$ avec $t_d = 773°$ C. ($N = 12$, Θ du fer) et le $PtCl^2$ avec $t_d = 581°$ ($N = 8$, Θ de la magnétite) : le rapport des N est 3 : 2.

Pour beaucoup de *réactions chimiques* la loi pourrait intervenir en ce sens qu'il faut rompre par agitation thermique 1, 2, 3, ... contacts pour que la réaction puisse se produire. Pour $N = 1$, T flotte entre 285 et 315°K. (12 et 42°C.). La *température ordinaire* est par excellence la température où un grand nombre de réactions chimiques deviennent possibles.

Les électrons participants aux contacts forment un *réseau électronique* qui constitue pour ainsi dire la charpente du corps solide : c'est pourquoi on pourrait désigner la loi $T = T_1\sqrt{N}$ comme la *loi du corps solide*.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur une méthode électrochimique permettant de suivre l'évolution des solutions de gélatine en fonction du temps.* Note[1] de M. **P. Jacquet**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai étudié [2] les tensions mécaniques auxquelles est soumise la cathode pendant le dépôt électrolytique du cuivre dans des solutions acides de sulfate de cuivre additionnées de quantités variables de gélatine. On peut par cette méthode mettre en évidence l'évolution que subissent avec le temps les solutions aqueuses de ce colloïde abandonnées à elles-mêmes à la température de 18°.

Les solutions électrolysées contiennent par litre 35^{mg} de gélatine correspondant à $0^{cm^3},7$ des solutions en cours d'évolution, ayant toutes la même concentration ($2^g,5$ par litre) mais préparées par trois méthodes.

Solution 1 (courbe I). — La gélatine est dissoute dans l'eau à 80° et on laisse refroidir lentement.

Solution 2 (courbe II). — On fait gonfler la gélatine pendant 2 heures dans l'eau froide; on chauffe 8 minutes à 48° et l'on refroidit rapidement.

Solution 3 (courbe III). — On fait gonfler la gélatine pendant 2 heures dans l'eau froide; on chauffe 30 minutes à 50° et l'on refroidit rapidement. L'évolution de cette solution est beaucoup moins nette que celle des deux autres.

Les courbes représentent, en fonction de l'âge des solutions, les contractions (exprimées en 1/100 de millimètre) des cathodes après 10 minutes d'électrolyse. Ces cathodes sont soit en platine (courbe I), soit en cuivre (courbes II et III).

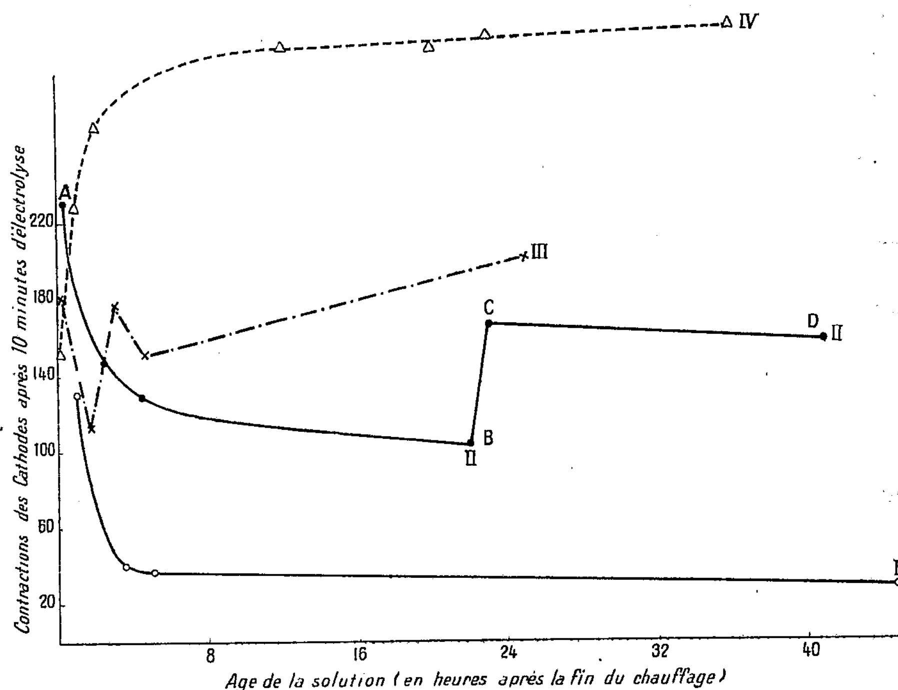
On constate que le phénomène d'évolution est réversible. Il suffit en effet de chauffer quelques minutes la solution vieillie pour obtenir après refroidissement des valeurs correspondant à une solution fraîche. Sur la courbe II par exemple la partie AB montre l'évolution de la solution de gélatine pendant 22 heures. Cette solution est alors chauffée 10 minutes à 48°. La contraction de la cathode augmente immédiatement (C). La partie CD représente ensuite les résultats obtenus après ce deuxième chauffage.

---

(1) Séance du 29 février 1932.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 456.

E. O. Kraemer et J. R. Fanselow (¹) ont observé des phénomènes analogues en mesurant les pouvoirs rotatoires de solutions de gélatine en fonction du temps. Leurs résultats obtenus, avec une solution à 5g,2 par litre, chauffée 20 minutes à 50° puis refroidie rapidement jusqu'à 15°, sont représentés par la courbe IV (²).



La sensibilité de la méthode électrochimique décrite ici est considérable puisque, pour mettre en évidence l'évolution d'une solution à 2g,5 par litre, il suffit d'en introduire dans l'électrolyte des quantités qui ne correspondent qu'à une concentration de quelques milligrammes par litre.

Ces expériences, jointes à celles décrites dans la Note précédente, montrent ainsi non seulement l'influence considérable des très faibles quan-

(¹) *Journal of Physical Chemistry*, 32, 1928, p. 894.

(²) Cette courbe est tracée en valeurs arbitraires d'après les chiffres des auteurs. Le pouvoir rotatoire reprend la valeur qu'il avait au temps zéro, quand après une centaine d'heures d'évolution on réchauffe quelques minutes la solution. Les dimensions de la figure ne m'ont pas permis de tracer la courbe jusqu'au point correspondant.

tités de gélatine sur les propriétés mécaniques du dépôt électrolytique de cuivre, mais aussi l'extrême sensibilité du phénomène au mode de préparation des solutions colloïdales et aux modifications que celles-ci subissent sous la seule action du temps.

ÉLECTROCHIMIE. — *Enregistrement photographique des réactions entre électrolytes*. Note de MM. **Pierre Jolibois** et **Georges Fouretier**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'un de nous a montré comment on pouvait enregistrer au moyen d'un galvanomètre double (¹) les phénomènes chimiques dans lesquels la pression varie au cours de la réaction.

Nous avons généralisé cette méthode en l'étendant au cas des réactions qui modifient la conductibilité électrique du milieu liquide dans lequel elles s'effectuent.

Le principe de cette technique consiste à diriger sur un des galvanomètres un courant proportionnel à la conductibilité de l'électrolyte et sur l'autre un courant proportionnel à la quantité d'un réactif introduit sous forme de solution.

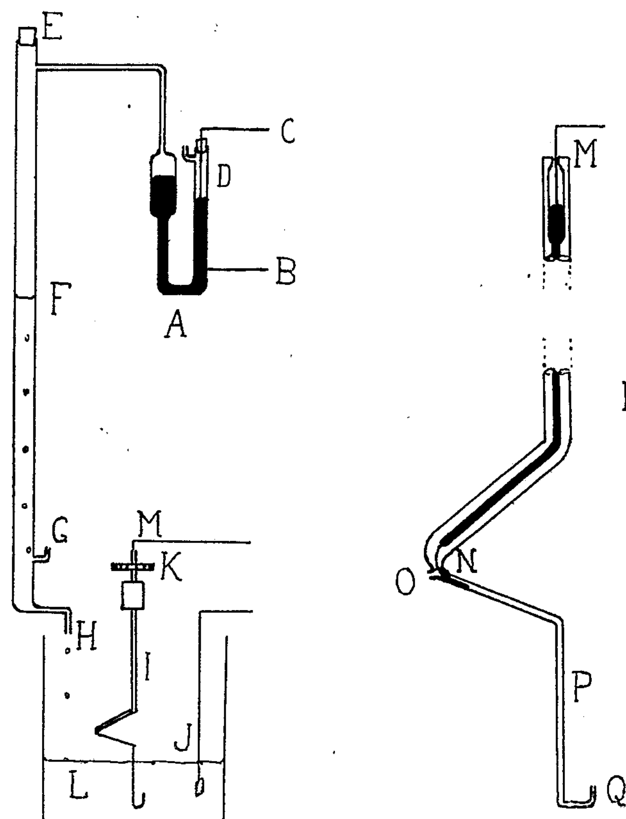
Le principal objet de cette Note est de montrer par quels dispositifs expérimentaux nous avons résolu ces deux problèmes.

Conductibilité électrique. — Nous avons mesuré le courant électrique sensiblement proportionnel à la conductibilité de l'électrolyte en introduisant ce dernier dans un tube capillaire OPQ en verre de $4/10^e$ de millimètre environ de diamètre intérieur, muni de deux ouvertures O et Q. Le courant est amené en Q par une électrode en platine J qui plonge dans l'électrolyte L; il est amené en O par une électrode en fil très fin de platine N; cette électrode est en communication électrique avec un tube plein de mercure NIM.

En donnant à l'électrode ainsi constituée un mouvement rapide de rotation autour de l'axe MP on assure dans le tube capillaire une circulation intense du liquide mû par la force centrifuge créée par la rotation et l'éloignement de l'axe de l'ouverture O. L'expérience nous a montré que si l'on ajoute lentement les réactifs dans le liquide L, la conductibilité du liquide est à chaque instant égale dans le tube capillaire à celle du liquide L.

(¹) P. Jolibois, *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 809.

D'autre part, en milieu dilué de l'ordre de N/100 les précipités qui peuvent se former en cours de réaction ne gênent en rien la circulation du liquide dans le capillaire. La courbure Q a pour objet de favoriser l'agitation du liquide au cours de la réaction. Afin de réduire à une valeur insignifiante les perturbations dues aux phénomènes de polarisation nous avons appliqué aux bornes de circuit une force électromotrice constante de 240 volts.



Introduction des réactifs. — Les réactifs sont introduits au moyen d'une burette spéciale HEF d'environ 1^m de hauteur, d'une capacité de 150^{cm^3}. Cette burette est remplie de réactif par l'ouverture E munie d'un bouchon hermétique. Lorsque le liquide s'écoule par l'ouverture capillaire H on laisse rentrer de l'air au moyen du tube fixe G. Dans ces conditions, la pression de l'air au-dessus du niveau F varie proportionnellement à la quantité de liquide écoulé, une fois l'appareil en régime. Cette pression est transmise à un tube en U rempli de mercure A dans une des branches

duquel se trouve tendu un fil de platine D de 1/10e de millimètre. La résistance électrique du fil situé hors du mercure est inversement proportionelle à la pression de l'air en EF, donc à la quantité de liquide écoulé. Il est facile de traduire électriquement ce déplacement en se servant du fil de platine comme shunt d'un galvanomètre ou comme branche d'un pont de Wheatstone.

On gradue expérimentalement chaque cliché en volume en interrompant la source lumineuse du galvanomètre chaque fois que le niveau F a décrit 25^{cm^3}.

Cette méthode nous a permis d'enregistrer avec précision les phénomènes rassemblés en analyse chimique sous le nom d'électrotitrimétrie.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le spectre magnétique des rayons β émis par le thorium* B. Note de M. **Sze Shih-Yuan**, présentée par M. J. Perrin.

L'étude du spectre magnétique des rayons β émis par des corps radioactifs présente une grande difficulté du fait que la présence du spectre continu peut marquer l'existence des raies faibles. Ce spectre continu provient des rayons β de désintégration d'une part et des électrons secondaires excités par les rayons γ dans l'appareil métallique d'autre part. On a avantage à employer un appareil comparativement large, constitué en métal léger, et à diminuer à la fois la largeur et la longueur de la source radioactive. Nous parvenons ainsi à avoir des raies de largeur de $0^{mm},05$ seulement, et à discerner des multiplets dans certaines raies considérées jusqu'ici comme simples. La précision des mesures semble également améliorée. L'ensemble du spectre des rayons β émis par le thorium B tel qu'il résulte de nos expériences est le suivant :

Hρ.	Énergie × 10^5 volts.	Intensité.
2033	2,854	5
1828	2,392	4
1815	2,368	15
{ 1762	2,2475	3
{ 1760	2,244	35
1700	2,1165	15
1398	1,507	100
1195	1,136	2
{ 1122,5	1,0133	0,5
{ 1119	1,007	10
1040	0,8805	2,0
{ 932,3	0,7948	0,2
{ 949,4	0,7425	0,2

	Hρ.	Énergie × 10⁵ volts.	Intensité.
{	930,6	0,7160	0,2
{	929,8	0,7147	0,2
	881,9	0,6487	0,7
{	866,2	0,6237	3
{	860,0	0,6173	1
{	844,2	0,5940	3
{	838,5	0,5865	1

Les valeurs de Hρ indiquées ci-dessus sont déterminées en choisissant la raie la plus intense de Hρ = 1398 comme étalon. Cette raie a été déterminée avec précision par Black ([1]). Les intensités sont estimées visuellement et sont données pour fixer l'ordre de grandeur.

Les doublets observés dans nos expériences sont margoués par des crochets dans le tableau ci-dessus, la raie de Hρ = 881,9 est également nouvelle. Les raies du doublet de Hρ = 1122,5 et 1119 sont séparées par une distance de $0^{cm},025$, sur les clichés, et celles du doublet de Hρ = 1762 et 1760 ne sont séparées que par une distance de $0^{cm},009$ (rayons de courbure de $4^{cm},4$ environ). Les raies de Hρ = 952,3; 949,4; 930,6 et 929,8 forment deux bandes étroites, à côté de chaque bande, il peut exister encore une ou deux raies, toutefois la faible intensité de ces dernières ne nous permet par de les discerner d'une manière concluante.

L'analyse du spectre magnétique des rayons β conduit à admettre pour les rayons γ les groupes suivants :

Énergie des rayons β × 10⁵ volts.	Énergie de niveau × 10⁵ volts.	Énergie des rayons γ × 10⁵ volts.	Origine.
3,854	0,164	3,018	L_1
3,1165	0,900	3,017	K
1,507	0,900	2,407	K
2,244	0,164	2,408	L_1
2,3475	0,157	2,405	L_2
2,368	0,040	2,408	M
2,392	0,010	2,402	N
1,007	0,164	1,171	L_1
1,0135	0,157	1,1705	L_2
0,881	0,900	1,781	K
0,6173	0,164	0,7813	L_1
0,6237	0,157	0,7807	L_2
0,6487	0,134	0,7827	L_3
0,7425	0,040	0,7825	M
0,5865	0,164	0,7505	L_1
0,5940	0,157	0,7510	L_2
0.6173	0,134	0,7513	L_3
0,7147	0,040	0,7547	M

([1]) *Proc. Roy. Soc.*, A, 109, 1925, p. 166.

Ces expériences ont été effectuées dans le champ magnétique d'un grand électro-aimant du type Weiss. La source de rayons est constituée par le dépôt actif de Th. Les rayons β n'appartenant pas à ThB sont identifiés par des expériences faites avec des sources de $ThC + C' + C''$ pur, préparées en plongeant des plaques de Ni de 3×5^{mm} dans une solution presque bouillante du dépôt actif de Th dans l'acide NCl de concentration 1/3.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Projections d'atomes par les rayons très pénétrants excités dans les noyaux légers.* Note de Mme **Irène Curie** et M. **F. Joliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons montré (1) que les rayons très pénétrants découverts par Bothe et Becker (2) sont capables de projeter des noyaux d'atomes légers comme l'hydrogène, l'hélium, le carbone et que le phénomène doit être général. Des expériences nouvelles nous ont montré que le lithium est aussi projeté. Reprenant nos expériences, J. Chadwick (*Nature*, 27, 27 février 1932) a confirmé tout récemment l'existence de ce phénomène à l'aide d'un compteur à ionisation; il a en outre observé visuellement les trajectoires de brouillard des noyaux d'azote. Ainsi que nous l'avions déjà signalé (3), nous avons photographié les trajectoires de brouillard que produisent les protons projetés dans une chambre à détente de Wilson. Ce sont ces photographies que nous reproduisons ici. Nous avons travaillé avec deux appareils Wilson. Le premier appareil, de grandes dimensions, permet d'effectuer des détentes à des pressions variables (1^{cm} à 76^{cm} de mercure). Un champ magnétique de 1500 gauss est établi suivant l'axe de l'appareil. Un écran de mica paraffiné de 12×2^{cm} est fixé à l'intérieur de la chambre et la source de Po + Be est placée à l'extérieur, les rayons qu'elle émet sont filtrés par 2^{cm} de plomb.

Les figures 1 et 2 représentent les trajectoires de protons issus de la paraffine. La source est exactement dans la direction du proton de la figure 1, la longueur de ce rayon est supérieure à 14^{cm}. Les figures 3 et 4 représentent des protons issus de la vapeur d'eau du gaz, très probable-

---

(1) I. Curie et F. Joliot, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 273 et 708.
(2) W. Bothe et H. Becker, *Z. f. Phys.*, 66, 1930, p. 289.
(3) *Loc. cit.*

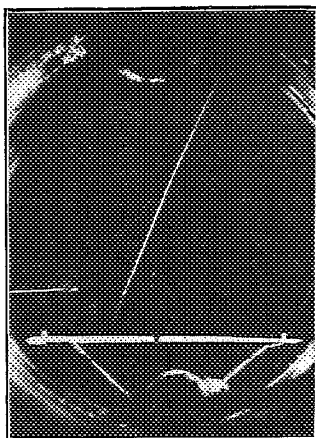
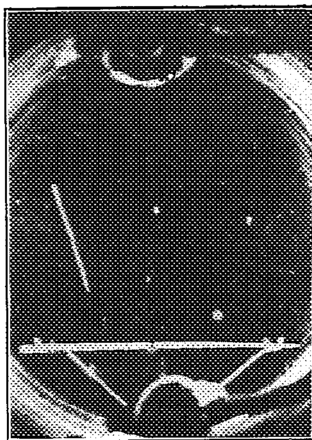
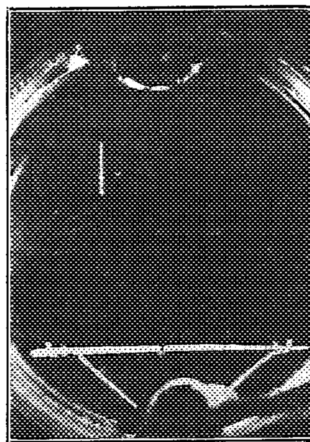
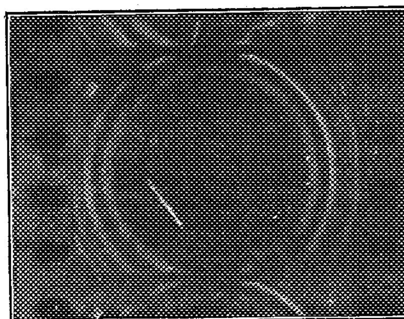

Fig. 1.


Fig. 2.


Fig. 3.


Fig. 4.


Fig. 5.

ment. Ils sont presque suivant la direction de la source et sont toutefois assez courts. Le proton de la figure 4 est émis par les rayons d'une source Po + Al. Nous reproduirons dans une autre publication les clichés d'électrons secondaires de grande énergie émis par la source. A l'aide d'un second appareil de petites dimensions, rempli de He, permettant de produire des détentes à des temps très rapprochés, nous avons photographié les rayons d'hélium projetés. La figure 5 représente la trajectoire d'un noyau de He émis à 45° de la direction de la source, son parcours équivalent dans l'air est de 6^{mm}. Les figures 3, 4 et 5 montrent que la projection n'est pas due au choc d'un corpuscule possédant lui-même une trajectoire ionisante.

L'hypothèse du choc élastique d'un photon contre un noyau soulève des difficultés en raison, d'une part, de l'énergie considérable nécessaire du quantum et, d'autre part, en raison de la grande intensité du phénomène. Chadwick propose d'admettre que le rayonnement excité dans le béryllium est composé de neutrons corpuscule de masse 1 et de charge 0. Les noyaux d'atomes seraient projetés par ces neutrons. Pour suivre cette hypothèse, il conviendrait de la concilier avec l'émission d'électrons secondaires de grande énergie (2 à plus de 10.10^6 eV) que nous avons mis en évidence. Des expériences de contrôle sont en cours en vue de distinguer entre ces diverses interprétations.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la projection de noyaux légers par les rayonnements ultra-pénétrants de radioactivité provoquée. Trajectoires photographiées par la méthode de Wilson.* Note de M. **Pierre Auger**, présentée par M. Jean Perrin.

Une chambre à détentes de C. T. R. Wilson placée dans un champ magnétique représente un instrument d'étude très fécond dans le domaine des rayons pénétrants. J'ai réalisé un appareil à détentes dont la chambre, de 6^{cm} de diamètre, est située dans une bobine sans fer qui peut être parcourue par des courants de plusieurs centaines d'ampères. Le champ magnétique pouvant atteindre 12000 gauss est perpendiculaire à la surface du piston; c'est également dans cette direction qu'est braqué l'appareil photographique, de telle sorte que la courbure magnétique des trajectoires corpusculaires peut être mesurée directement sur les clichés.

L'éclairage nécessaire à la photographie est produit par une étincelle

dans la vapeur de mercure, la lumière est dirigée vers la surface du piston, qui est constituée par un miroir, et va passer après réflexion au voisinage de l'objectif : cette disposition permet de recueillir beaucoup de lumière diffusée par les gouttelettes de brouillard sous de petits angles.

L'ensemble du montage fonctionne automatiquement, et une opération se fait toutes les minutes : lancement du courant dans la bobine, détente, éclairage et retour au repos. Les relais qui commandent ces opérations sont déclenchés par le passage d'encoches pratiquées dans une bande sans fin qui se déroule à vitesse constante.

Le montage a été utilisé pour l'étude des rayonnements ultra-pénétrants émis par le béryllium sous l'influence des rayons α du polonium : les rayons proviennent d'une source qui a servi à Mme Irène Curie et M. F. Joliot dans leurs travaux récents, au cours desquels ils ont découvert un effet nouveau, la production de rayons corpusculaires positifs par projection de noyaux légers (1) et qui a été mise par eux à ma disposition.

Dans une première série d'expériences, la chambre à détentes contenait de l'air humide, et les clichés ont montré un certain nombre de trajectoires électroniques, provenant de la paroi frappée par les rayons pénétrants, et dont la courbure magnétique permet de connaître l'énergie cinétique. Les potentiels d'émission de ces rayons, probablement produits par effet Compton, sont de l'ordre de quelques millions de volts; un des rayons mesurés correspond à 6,5 millions de volts.

Dans une seconde série d'expériences, l'atmosphère de la chambre était constituée par un mélange d'hydrogène (75 pour 100) et d'argon (25 pour 100) saturé de vapeur d'eau. Dans ces conditions, les clichés montrent des trajectoires fortement ionisantes, peu courbées par le champ magnétique (3500 gauss) et qui sont sans doute dues à des protons. Les trajectoires prennent toutes naissance dans le gaz, et quelques-unes y sont comprises entièrement (*fig*. 2); leur origine est parfaitement nette et leur extrémité est marquée par des coudes, dus aux chocs contre des atomes d'argon ; les plus rapides portent latéralement de petites trajectoires d'électron projetés au passage (*fig*. 1). L'aspect des trajectoires et leur courbure montrent qu'il s'agit de protons d'énergie cinétique variable allant de 50 000 à quelques millions de volt-électrons, projetés par les rayons ultra-pénétrants sous des angles inférieurs à 90°. Il ne semble pas y avoir de relation simple entre

(1) I. Curie et F. Joliot, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 273 et 708.

l'angle de projection et la vitesse, certains rayons courts prolongeant directement la direction de propagation des rayons excitateurs, et certains rayons rapides faisant de grands angles avec celle-ci : ceci peut provenir de la non-homogénéité des rayons pénétrants.

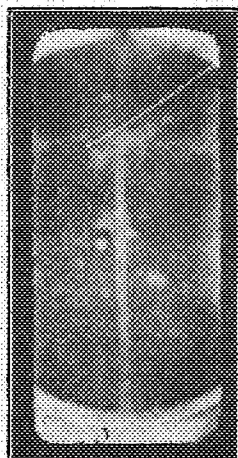


Fig. 1.

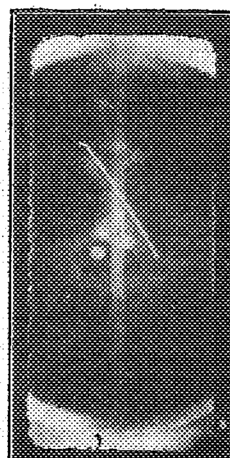


Fig. 2.

(Les rayons pénétrants vont de bas en haut.)

Il est assez difficile de concevoir comment un même rayonnement peut donner lieu aux deux phénomènes : projection d'électrons et de protons de grande énergie. Peut-être faudra-t-il envisager l'existence de deux types, l'un, électromagnétique produisant de l'effet Compton, l'autre, composé de ces neutrons dont Chadwick a récemment supposé l'existence, projetant les noyaux positifs.

M. M. de Broglie, à propos des expériences citées par M. Perrin, tient à souligner toute l'importance des nouveaux phénomènes de radioactivité provoquée dont la portée est très considérable pour la physique du noyau ; il indique que dans son laboratoire des travaux sont actuellement poursuivis indépendamment par MM. Thibaud, Leprince-Ringuet, Dupré-Latour et lui-même sur cette question et qu'en particulier des expériences ont été faites en employant du béryllium bombardé par des particules alpha de

l'émanation du radium. Il est facile, avec un écran de plomb d'épaisseur convenable, d'écarter suffisamment l'inconvénient des rayons gamma des corps radioactifs en équilibre avec l'émanation.

La méthode de détection employée consiste dans l'usage d'une chambre d'ionisation dont les courants instantanés dus à l'arrivée des corpuscules sont amplifiés jusqu'à pouvoir être enregistrés individuellement par un oscillographe.

Le nombre des particules mises en évidence peut être triplé en plaçant de la paraffine à l'entrée de la chambre, comme l'ont montré M. et Mme Curie-Joliot.

Même en l'absence de paraffine, une grande part de l'effet qui a été attribué primitivement à des émissions d'électrons est due à des corpuscules fortement ionisants, produisant chacun dans une chambre de 1cm d'où une ionisation comprise entre quelques milliers et 20000 paires d'ions au total.

Cet effet a été obtenu avec diverses chambres à parois d'aluminium, de zinc, de cuivre, de platine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la catalyse d'autoxydation : propriétés antioxygènes du cobalt. Observations concernant les discussions théoriques en cours.* Note (¹) de MM. **Charles Dufraisse** et **Daïb Nakaé**, présentée par M. M. Delépine.

Nous avons continué avec le cobalt nos études antérieures concernant l'influence catalytique des principaux éléments sur l'autoxydation, en nous attachant spécialement à trouver des effets antioxygènes, surtout chez les métaux qui, comme le cobalt, sont déjà connus pour leur action accélératrice.

Dix catalyseurs ont été essayés : cobalt métallique divisé, chlorure, bromure, iodure, protoxyde, oxyde salin, sulfate, nitrate, carbonate et acétylacétonate. On les a opposés, à la dose de 1 pour 100, à six matières autoxydables : acroléine, aldéhyde benzoïque, furfurol, styrolène, essence de térébenthine, sulfite de sodium (solutions aqueuses à 10 pour 100, légèrement acides et légèrement alcalines).

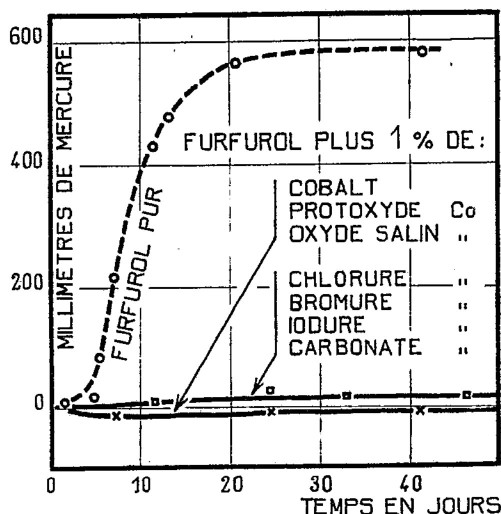
L'effet prooxygène ordinaire du cobalt et de ses sels a été observé : l'acé-

---

(¹) Séance du 29 février 1932.

tylacétonate, entre autres, s'est montré particulièrement actif vis-à-vis des hydrocarbures, de l'acroléine et de l'aldéhyde benzoïque.

Mais il s'est produit aussi des actions retardatrices. Le furfurol, par exemple, est protégé contre l'oxygène (voir la figure) par le cobalt métal-



lique, le protoxyde, l'oxyde salin, le carbonate, le chlorure, le bromure et l'iodure; l'iodure agit de même vis-à-vis de l'aldéhyde benzoïque et de l'acroléine. Ces actions protectrices sont d'autant plus remarquables que plusieurs des catalyseurs, le cobalt métallique surtout, sont insolubles (¹).

Ainsi, tout comme le fer (²), le cobalt manifeste vis-à-vis de l'autoxydation un pouvoir retardateur du même genre que celui que nous avons régulièrement trouvé chez tous les éléments étudiés jusqu'ici. Contrairement donc à l'opinion parfois émise, il n'y a pas d'élément exclusivement accélérateur, et l'on voit par là se généraliser de plus en plus cette notion essentielle pour l'autoxydation, la parenté des catalyses inverses, c'est-à-dire l'aptitude d'un catalyseur donné à retarder aussi bien qu'à accélérer la fixation de l'oxygène libre.

Observations concernant les discussions théoriques en cours. — On sait que,

(¹) Une action antioxygène de l'abiétate de cobalt a été observée par G. Dupont et ses collaborateurs dans leur belle étude de l'autoxydation de l'acide abiétique (*Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1302; *Soc. Chim.*, 4ᵉ série, **47**, 1930, p. 60, 147, 942 et 1216).

(²) Ch. Dufraisse et R. Horclois, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1126.

d'après la théorie dite théorie des peroxydes ([1]), le phénomène antioxygène serait déterminé par une oxydation *transitoire* du catalyseur. Cette conception ayant été quelquefois déformée dans les discussions en cours, il nous parait utile de présenter à nouveau quelques précisions à son sujet, puisque, suivant des avis autorisés, elle reste toujours apte à rendre de réels services ([2]).

Certains ont supposé que le terme d'oxydation transitoire du catalyseur, invoqué dans le raisonnement, doit être facilement isolable. C'est perdre de vue le rôle assigné à cet oxyde intermédiaire hypothétique : destiné à restituer rapidement son oxygène, il est supposé essentiellement éphémère et instable, donc non isolable, car un oxyde assez stable pour pouvoir être isolé n'aurait pas la réactivité exigée par l'extrême vitesse des réactions auxquelles il doit participer. On a même pris soin de spécifier ([1]), ([3]) que, quand il arrivait au catalyseur de se transformer en un oxyde stable, la fraction correspondante était perdue pour la catalyse : c'est ainsi qu'a été expliquée la diminution progressive de l'activité de certains antioxygènes, phénomène qui fut dénommé, à cause de cela, usure du catalyseur. C'est donc à tort que l'on objecte à la théorie des peroxydes le fait que les antioxygènes ne s'oxydent pas toujours de manière durable en fonctionnant.

On a avancé également que ladite théorie impliquait pour le catalyseur antioxygène l'obligation d'être un réducteur. Il n'en est rien : destiné à subir, un court instant, une oxydation passagère sous l'influence d'un peroxyde à potentiel d'oxydation élevé, il n'est pas nécessaire que le catalyseur soit avide d'oxygène. Sans doute les réducteurs sont-ils aptes à jouer le rôle d'antioxygènes, mais ils ne peuvent pas être considérés comme les seuls. Aucune ambiguïté ne saurait planer sur ce point, puisque les auteurs de la théorie ont, eux-mêmes, fait connaître de nombreux exemples d'antioxygènes non réducteurs; de plus, ils avaient pris soin d'en discuter dès l'origine ([1]), et, en vue d'illustrer les applications de leur raisonnement, ils avaient choisi comme exemple l'autoxydation du phosphore, où ils montraient, fonctionnant comme antioxygène au sens de leur théorie, l'oxygène lui-même, corps dont on ne pensera pas qu'il ait jamais pu être confondu avec un réducteur.

([1]) Ch. Moureu et Ch. Dufraisse, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 624.

([2]) Tel est, entre autres parmi les plus récents, l'avis de J. Tanaka et M. Nakamura : ayant vérifié nos observations sur la parenté des catalyses inverses, ces savants font grief aux autres théories de trop laisser dans l'ombre un aspect aussi fondamental du phénomène antioxygène (*Chem. Ind. Japan*, 34, 1931, p. 405 B),

([3]) Ch. Moureu et Ch. Dufraisse, *Rec. Trav. chim. P.-B.*, 43, 1924, p. 645.

COLLOÏDES. — *Pouvoir inducteur spécifique des solutions colloïdales.* Note [1] de MM. T. **Nanty** et **M. Valet**.

Nous avons déterminé le pouvoir inducteur spécifique (P. I. S.). de solutions aqueuses colloïdales de colorants.

Les mesures ont été faites par la méthode connue du pont de Wheatstone dont les branches sont constituées par quatre condensateurs variables. Une résistance variable sans self ni capacité équilibre la conductibilité de la solution étudiée.

Les précédents expérimentateurs avaient déterminé l'équilibre du pont, soit par un téléphone, soit par un ticker et un téléphone; pour éviter l'erreur personnelle, qui peut se produire à l'écoute au téléphone, nous avons employé un voltmètre amplificateur thermoionique branché à la place du ticker ou du téléphone.

La différence de potentiel du pont est appliquée entre grille et filament d'une lampe détectriee à écran suivie d'une amplificatrice B. F. à forte pente.

Le courant plaque de la lampe B. F. est mesuré par un milliampèremètre très sensible. Afin d'augmenter le rapport $\Delta C/i$ on a diminué i en le compensant partiellement par un courant inverse fourni par un accumulateur.

Le P. I. S. est donné par la formule

$$\mu_x = (\mu_1 - 1)\frac{C_x - C_0}{C_1 - C_0} + 1,$$

μ_x P. I. S. de la solution étudiée;
μ_1 P. I. S. du liquide étalon;
C_x capacité de la cellule de mesure remplie de la solution étudiée;
C_1 capacité de la cellule de mesure remplie du liquide étalon;
C_0 capacité de la cellule pleine d'air.

Étalon : eau, P. I. S. = 81. — Rouge Congo :

Concentrations.	C_1.	C_2.	C_3.
μ	146	190	286

Le P. I. S., très supérieur à celui de l'eau pure, augmente avec la concentration.

Des solutions de bleu diamine, noir diamine, bleu de méthylène ont présenté des P. I. S. : 145, 190, 86.

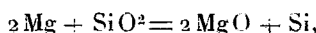
---

[1] Séance du 29 février 1932.

Les autres colorants étudiés (violet de méthyle, noir diamine, chrysoïdine, diméthylamidoazobenzol, rouge cibacet et orangé cibacet), n'ont pas un P. I. S. différent de celui de l'eau pure.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction de la magnésie par le silicium.* Note de M. G. **Gire**, transmise par M. C. Matignon.

L'action du magnésium sur la silice est bien connue. Vigouroux [1] a établi que cette réaction, fortement exothermique, se produisait vers 500° pour donner le silicium amorphe,



$$2\,Mg + SiO^2 = 2\,MgO + Si,$$

ou le siliciure de magnésium $SiMg^2$, selon les proportions de magnésium et de silice du mélange réactionnel.

Des corps en présence dans cette réaction, seul le magnésium est assez volatil. Il bout à 1120°, alors que le silicium à 1700° n'a qu'une tension de vapeur de l'ordre du millimètre de mercure [2].

Si l'on envisage les températures où le magnésium est volatil, on peut donc espérer renverser la réaction dans le sens de la production du magnésium. L'effet thermique de la réaction permet d'ailleurs d'évaluer approximativement à quelle température elle devient réversible.

En admettant $143^{cal},5$ comme chaleur de formation de MgO; $194^{cal},5$ comme chaleur de formation de SiO^2 [3] et $-30^{cal},5$ comme chaleur moléculaire de vaporisation du magnésium [4], comme la chaleur moléculaire de fusion du magnésium est de l'ordre de $1^{cal},5$, on a le système monovariant :



$$\text{(I)} \qquad \tfrac{1}{2}Si_{sol} + MgO_{sol} \rightleftharpoons \tfrac{1}{2}SiO^2_{sol} + Mg_{gaz} - Q,$$

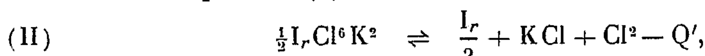
où $Q = 78^{cal}$ et qu'on peut comparer à des systèmes analogues pour lesquels la mesure des tensions gazeuses est plus facile.

Nous avons eu l'occasion d'étudier toute une série de ces systèmes et

---

(1) Vigouroux, *Ann. Chim. et Phys.*, 7e série. 12, 1897, p. 34.
(2) O. Ruff et M. Konoschak, *Zeit. Electroch.*, 32, 1926, p. 515.
(3) H. von Wartenberg, *Nernst Festschrift*, 1912, p. 459-463.
(4) A. Vehnelt et Musceleanu, *Ber. Dtsch. Physik. Ges.*, 14, 1912, p. 1032.

notamment l'équilibre [1]



$$\text{(II)} \qquad \tfrac{1}{2}Ir\,Cl^6K^2 \rightleftharpoons \frac{Ir}{2} + KCl + Cl^2 - Q',$$

pour lequel $Q' = 36^{cal},1$.

Ce système donne une tension de chlore de quelques millimètres de mercure pour la température absolue $T' = 850°$. Si nous admettons que les courbes des tensions gazeuses des systèmes (I) et (II) sont homologues, en appelant T la température absolue pour laquelle la tension de magnésium du système (I) est égale à la tension de chlore du système (II) à $T' = 850°$, on peut écrire

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{T}{T'} \qquad \text{ou} \qquad \frac{78}{36,1} = \frac{T}{850°},$$

ce qui donne $T = 1620°$, $t = 1347°C$.

Ayant préparé et purifié du silicium amorphe par la méthode de Vigouroux, nous l'avons intimement mélangé à de la magnésie calcinée dans la proportion de 7 de silicium pour 20 de magnésie, correspondant à 1 Si pour 2 MgO. Le mélange fortement comprimé en pastille fut introduit dans un tube en fer fermé à un bout, lui-même enfoncé dans un tube de silice dans lequel on fit le vide. La partie du tube contenant le mélange fut alors chauffée pendant 3 heures entre 1280 et 1320°.

Dans les parties froides du tube en fer on obtint ainsi une belle cristallisation de magnésium sublimé. L'analyse des pastilles montra que 60 p. 100 de la magnésie avaient été réduits.

Ce résultat montre qu'à 1300° le système a une tension de magnésium au moins égale à la tension prévue.

Le mélange étant finement pulvérisé et fortement comprimé, bien qu'il n'y ait pas fusion, il peut se faire du silicate de magnésium, SiO^3Mg, dont la formation est exothermique. On aurait dans ce cas à considérer le système



$$\text{(III)} \qquad \tfrac{1}{2}Si_{sol} + \tfrac{3}{2}MgO_{sol} = \tfrac{1}{2}SiO^3Mg_{sol} + Mg_{gaz} - Q'',$$

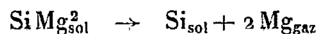
où, si l'on prend 30^{cal} pour la chaleur de formation du silicate à partir de oxydes générateurs, $Q'' = 63^{cal}$.

La formation du silicate aurait donc pour double résultat d'augmenter la tension de magnésium pour une même température, mais aussi d'augmenter

(1) *Ann. de Chim.*, 10e série, 4, 1925, p. 212.

la proportion de magnésie correspondant à une même quantité de silicium réducteur.

Nous n'avons jamais constaté la formation de siliciure de magnésium quand le mélange se trouvait intégralement porté à une température au moins égale à 1200°. On peut en conclure que ce corps, pour une même température, a une tension de magnésium



$$SiMg^2_{sol} \rightarrow Si_{sol} + 2\,Mg_{gaz}$$

supérieure à celle des deux systèmes (I) et (III).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau type de composé acétylénique vrai, le phénoxypropine.* Note de MM. **L. Bert** et **E. Andor**.

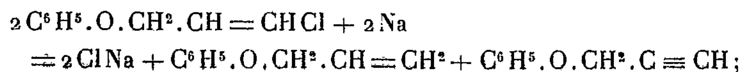
L'un de nous a montré que le phénol sodé se condensait avec le dichloro-1.3-propène pour donner naissance à l'oxyde mixte de phényle et de β-chlorallyle



$$C^6H^5.O.CH^2.CH = CHCl\ (^1).$$

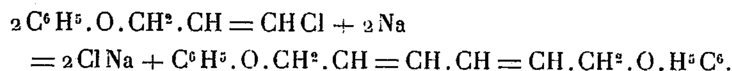
Par analogie avec l'action du sodium sur les composés bromoéthyléniques, étudiée par A. Kirrmann (²), nous espérions obtenir avec le produit sus-dénommé :

1° Du phénoxypropène et du phénoxypropine vrai, engendrés par la réaction



$$2\,C^6H^5.O.CH^2.CH = CHCl + 2\,Na$$
$$= 2\,ClNa + C^6H^5.O.CH^2.CH = CH^2 + C^6H^5.O.CH^2.C \equiv CH;$$

2° Le carbure érythrénique résultant de la duplication



$$2\,C^6H^5.O.CH^2.CH = CHCl + 2\,Na$$
$$= 2\,ClNa + C^6H^5.O.CH^2.CH = CH.CH = CH.CH^2.O.H^5C^6.$$

La réaction ne nous a pas donné le carbure 2°, mais, à côté de produits que nous travaillons à identifier, du phénoxypropine vrai



$$C^6H^5.O.CH^2.C \equiv CH,$$

(¹) L. Bert, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1565.
(²) A. Kirrmann, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 671

composé nouveau [1] dont nous allons décrire brièvement la préparation et quelques propriétés.

1^{at} de sodium est filé dans de l'éther anhydre auquel on ajoute ensuite 1^{mol} d'oxyde mixte de phényle et de β-chlorallyle. On porte à l'ébullition pour activer la réaction qui se montre paresseuse. Le sodium s'attaque lentement et une poudre marron s'en détache peu à peu. Au bout de 24 heures la réaction ne semble plus progresser. On sépare alors les fragments de sodium non transformés, traite par une quantité d'eau suffisante pour dissoudre le précipité formé, décante et lave la couche éthérée avec de l'eau, sèche, distille l'éther au bain-marie et fractionne le résidu sous pression réduite. Le nitrate d'argent en solution alcoolique révèle la présence d'un composé acétylénique vrai dans le distillat; l'isolement de ce composé par distillation fractionnée ne nous ayant pas donné de bons résultats, il nous a fallu recourir à une méthode chimique pour l'en extraire à l'état de pureté.

Nous avons pour cela régénéré par ClH le phénoxypropine vrai du précipité qu'il fournit avec ClCu ammoniacal, après avoir débarrassé la combinaison cuivreuse de toute impureté organique par broyages au mortier avec de l'alcool, puis avec de l'éther, suivis chaque fois d'essorages et de lavages avec ces mêmes solvants sur plaque filtrante de Buchner.

L'attaque du dérivé $C^6H^5.O.CH^2.CH=CHCl$ a lieu en peu de temps et le rendement est meilleur si l'on opère vers 110°, au sein du toluène, avec du sodium finement pulvérisé au préalable dans ce solvant bouillant.

Le phénoxypropine vrai se présente sous la forme d'un liquide incolore, jaunissant à la longue, mobile, à odeur assez intense, plus agréable que celle du phénylpropine vrai.

Il bout à 98° sous 23^{mm} et possède les constantes suivantes :

$$d_4^9 = 1{,}0427, \quad n_D^9 = 1{,}5396,$$

d'où R.M. trouvée 39,71, calculée 39,80.

Le phénoxypropine vrai fournit à l'analyse :

C pour 100, 81,59; H pour 100, 6,00, calculé pour C^9H^8O : C pour 100, 81,78; H pour 100, 6,10.

---

(1) Sous le nom d'oxyde de phénylpropargyle, L. Henry (*Comptes rendus*, **96**, 1883, p. 1235) a cru obtenir le même produit en traitant $C^6H^5.O.CH^2.CHBr=CH^2$ par KOH alcoolique, mais ses indications ($d^6=1{,}246$!) prouvent, à la lumière de nos résultats, qu'il n'a eu en mains qu'un produit très impur.

Le phénoxypropine vrai réagit instantanément sur le nitrate d'argent en solution alcoolique, en donnant des paillettes blanches nacrées de formule $C^6H^5.O.CH^2.C \equiv CAg.NO^3Ag$. L'acide nitrique fumant réagit explosivement sur cette combinaison argentique, dont nous avons fait l'analyse, par suite de cette difficulté, à moins d'un centième près, en ajoutant à une quantité connue de NO^3Ag pur dissous dans q. s. d'alcool un poids de carbure insuffisant pour insolubiliser tout le métal, filtrant et dosant l'argent dans le filtrat par la méthode de Charpentier.

Le phénoxypropine vrai agité avec une solution aqueuse froide de chlorure mercurique fournit au bout de peu d'instants un précipité blanc de combinaison mercurique.

Il donne immédiatement un précipité jaune verdâtre avec le chlorure cuivreux dissous dans l'ammoniaque.

Le phénoxypropine vrai constitue le premier terme d'une nouvelle classe de composés acétyléniques vrais dont nous aimerions que l'étude nous soit réservée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la réversibilité du système oxydoréducteur des solutions de glucides.* Note de M. **René Wurmser** et M[lle] **Nélicia Mayer**, présentée par M. G. Urbain.

Il a été établi que les solutions de glucides réducteurs maintenues à l'abri de l'oxygène dans un milieu neutre ou alcalin subissent une évolution caractérisée par l'apparition d'un système oxydoréducteur (¹). Ce système peut être mis en évidence par un titrage électrométrique. Quand on verse progressivement un oxydant comme le ferricyanure de potassium dans la solution de glucide évoluée et que l'on détermine le potentiel de cette solution par rapport à l'électrode d'hydrogène, on obtient une courbe en S si l'on porte les potentiels mesurés en fonction des quantités d'oxydant introduites. Inversement si l'on verse dans la solution ainsi oxydée un agent réducteur tel que le chlorure de titane, on obtient une deuxième courbe en S dont le palier est au même niveau que celui de la courbe précédente mais est moins étendu, c'est-à-dire que la quantité de substance oxydée, déterminée par le titrage en retour est inférieure à la quantité de substance

(¹) R. Wurmser et J. Geloso, *Journal de Chimie physique*, 25, 1928, p. 641; 26, 1929, p. 424 et 447; 28, 1931, p. 260.

réduite déterminée par le titrage au moyen de l'oxydant. Wurmser et Geloso avaient suggéré que cette différence entre les deux titrages était due à l'instabilité de la forme oxydée du système en équilibre. Nous avons cherché à mettre en évidence par des procédés chimiques cette décomposition irréversible et surtout à établir qu'elle constitue un prolongement non obligatoire de l'action de l'oxydant.

Pour montrer que dans l'action du ferricyanure la molécule réductrice subit une part d'oxydation irréversible et que celle-ci peut être évitée par l'emploi d'un agent oxydant plus doux, nous avons comparé les quantités de gaz carbonique produites au cours de l'oxydation par le ferricyanure de potassiun et par le bleu de méthylène.

L'évolution des solutions de glucides étant accélérée par l'alcalinité et l'élévation de température, les solutions sont préparées en maintenant dans le vide à 100° une solution de glucose 0,5 M dans de l'hydroxyde de sodium 0,1 M. Au bout d'un certain temps, la préparation est neutre et n'évolue plus sensiblement : son potentiel reste constant. Au cours de cette évolution, il se forme toujours du gaz carbonique. Pour mesurer ce gaz on opérait dans des ballons contenant 200^{cm^3} de la solution de glucide et munis d'un diverticule contenant de l'acide sulfurique dilué au cinquième, soigneusement vidés et scellés. Après 30 minutes à 100°, on mélange le contenu du diverticule et l'on extrait à l'aide d'une pompe le gaz carbonique formé. On obtient en moyenne 9^{cm^3} de CO^2. Si l'on poursuit plus longtemps le chauffage on trouve que la production de gaz carbonique n'augmente plus que très lentement : 11^{cm^3} après 60 minutes, 12^{cm^3} après 120 minutes.

La comparaison entre l'oxydation par le ferricyanure et par le bleu de méthylène était effectuée à l'aide de ballons munis d'un deuxième diverticule contenant l'oxydant. Après évolution de la solution, on mélangeait le contenu de ce diverticule avec la solution de glucide évoluée et on laissait l'oxydation se faire à 40°, pendant plusieurs semaines. En mélangeant enfin l'acide renfermé dans le premier diverticule avec la solution oxydée, on pouvait par extraction à la pompe obtenir les quantités de gaz carbonique formées au cours de l'oxydation, augmentées de celles formées pendant l'évolution. Des ballons témoins, sans oxydant, servaient à déterminer ces dernières.

Gaz carbonique produit pendant l'oxydation par le bleu de méthylène.

Bleu de méthylène.	Centimètres cubes de CO^2.					
$\overset{5}{0}$	14,5	16,2	14,2	10,3	15,2	21 jours à 45°
1	19,9	19,9	19,8	19,1	20,2	
2	28,4	25,5			31,6	
0	19,6	18,8	15,6	19,4		3 mois à 45°
2	32,2	31,4	33	31,9		
4	46,5	46,6	43,6	50,1		

Gaz carbonique produit pendant l'oxydation par le ferricyanure de potassium.

$FeCN^6K^3$.	Centimètres cubes de CO^2.					
$\overset{5}{0}$	13,9	15,7	15,6		15,7	21 jours à 45°
1,03	23,8	28,5	28,6			
2,06	33,4		42,5		43	
0	19,2	17,3	18,9		20,4	3 mois à 45°
2,06	51,6	51,4	46,2		59,3	
4,12	72,7	77,8	68,4		85,4	

Il résulte de ces chiffres que le rapport CO^2 dégagé/oxydant réduit correspond à 1/10e M CO^2 pour 1 H^2 cédé, dans le cas du bleu de méthylène, et à 4/10e M CO^2 pour 1 H^2, dans celui du ferricyanure de potassium. L'oxydation réversible de la forme réduite apparue au cours de l'évolution des solutions de glucides est donc prolongée par une phase irréversible, caractérisée par une décarboxylation plus ou moins profonde, ou plus ou moins rapide, suivant la nature de l'oxydant employé. C'est ce phénomène irréversible qui rend malaisé à mettre en évidence par des titrages en retour l'équilibre d'oxydoréduction dans les solutions de glucides et des autres corps organiques qui présentent un comportement analogue. L'oxydant de choix pour ce genre de détermination est une solution d'un indophénol.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrocarbures, isomères du rubrène, obtenus par hydrogénation du diphényl-9.11-diphénylène-9.12.10.11-dihydro-9.11-naphtacène*. Note [1] de M. **Marius Badoche**, présentée par M. M. Delépine.

On peut enlever régulièrement deux atomes d'hydrogène au rubrène $C^{42}H^{28}$, avec production d'un hydrocarbure incolore $C^{42}H^{26}$ [(2), (3)]. Je m'étais proposé de rechercher si par hydrogénation de ce dernier, il n'était pas possible de revenir au rubrène.

En réalité, d'après la constitution que Ch. Dufraisse et L. Enderlin (3) ont attribuée à cet hydrocarbure incolore, la déshydratation détermine une modification importante du squelette de la molécule initiale : elle lui fait perdre sa structure bifulvénique et la transforme en un dérivé naphtacénique, le diphényl-9.11-diphénylène-9-12.10.11-dihydro-9.11-naphtacène. En conséquence l'addition d'hydrogène avait peu de chances de ramener à la structure primitive; c'est effectivement ce que j'ai constaté.

L'hydrogénation a été effectuée suivant une méthode décrite autrefois par Berthelot (4), puis très heureusement améliorée par Schlenk (5). Elle consiste en principe à fixer le sodium métallique sur les doubles liaisons, puis à traiter par l'eau : l'hydrogène remplace le sodium qui s'en va sous forme de soude.

Cette addition du sodium aux hydrocarbures non saturés s'effectue, suivant leur structure moléculaire, soit d'une façon normale, en donnant des dérivés analogues à ceux que l'on obtient par les méthodes habituelles d'hydrogénation, soit d'une façon anormale, en déterminant différents phénomènes d'isomérisation, de polymérisation et même de scission. De toute manière la réaction, dans beaucoup de cas, n'est pas simple.

Vu la complexité de la molécule qui m'a servi de point de départ, il fallait s'attendre à ce que les résultats obtenus présentassent une assez grande complexité : de fait j'ai réussi à extraire cinq hydrocarbures.

L'étude de leurs propriétés, notamment leur déshydrogénation par la

---

(1) Séance du 29 février 1932.

(2) Ch. Dufraisse et M. Badoche, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 63.

(3) Ch. Dufraisse et L. Enderlin, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 183.

(4) M. Berthelot, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 4e série, 12, 1867, p. 155.

(5) W. Schlenk, J. Appenrodt, A. Michael et A. Thal, *Ber. Chem. Ges.*, 47, 1914, p. 473.

litharge, m'a permis de les séparer en deux groupes : 1° hydrocarbures correspondant à une addition normale simple, et dont la structure est restée celle du corps initial : ce sont par conséquent des hydronaphtacènes, ceux dont la description fait l'objet de cette Note; 2° hydrocarbures résultant d'une réaction plus complexe et correspondant, sans doute, à une modification de squelette : ils sont en cours d'étude.

Hydrocarbures incolores, isomères du rubrène. — J'ai fait réagir à la température ordinaire, en tube scellé, pendant un temps variant de une à plusieurs semaines, le sodium pulvérisé sur l'hydrocarbure $C^{42}H^{26}$ en suspension dans l'éther anhydre. Il se produit une solution et un précipité extrêmement foncés que l'on décompose par l'eau.

D'après l'analyse élémentaire et la détermination des poids moléculaires, deux des hydrocarbures isolés correspondent à la fixation de la molécule H^2 et répondent à la formule $C^{42}H^{28}$, ce qui en fait deux nouveaux isomères du rubrène (¹). Tous les deux sont incolores et cristallisent avec du solvant (benzène); ils présentent chacun deux points de fusion instantanée : l'un fond d'abord à 155°-156° avec perte de solvant (deux molécules de benzène), puis à 302°-303° (sans solvant); l'autre fond en premier lieu à 216°-217° avec perte de solvant (une molécule de benzène), puis à 337°-338° (sans solvant). Ils sont relativement peu solubles dans le benzène (de l'ordre de 1 pour 100 à la température ordinaire), les solutions ne sont pas fluorescentes. Par chauffage avec de la litharge, ils perdent deux atomes d'hydrogène en redonnant l'hydrocarbure initial avec un rendement presque intégral pour le premier, et un peu plus faible pour le second.

Constitution. — Le corps de départ étant un dérivé du 9.11-dihydronaphtacène, il est fort vraisemblable que l'hydrogénation a porté en 10 et 12, c'est-à-dire sur les deux autres carbones *méso*, lesquels sans nul doute doivent être les plus sensibles à l'hydrogénation. Dans ce cas, les deux hydrocarbures précédents seraient des diphényl-9.11-diphénylène-9.12.10.11-tétrahydro-9.10.11.12-naphtacènes, et leur isomérie serait de nature stéréochimique.

(¹) L'autre isomère connu est le pseudo-rubrène (CH. MOUREU, CH. DUFRAISSE et G. BERCHET, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1085).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réactivité chimique de certaines classes d'amines.* Note (¹) de M. **M. Grunfeld**, présentée par M. M. Delépine.

Les recherches ici résumées vérifient pour un certain groupe de corps les prévisions formulées par M[me] Ramart-Lucas en ce qui regarde le parallélisme entre la couleur et la réactivité chimique (²). Selon ces prévisions, tous les termes d'une même série telle que $A.CH^2.CH^2.R$ ou bien $A.CH.(CH^2.CH^2.R)^2$ où le chromophore introduit une même couleur et par suite possède un même état interne, doivent avoir, en ce qui regarde ce groupement chromophore, même réactivité s'exprimant par d'égales vitesses de réaction.

J'ai entrepris l'étude de l'absorption en même temps que celle de la réactivité chimique de certaines classes d'amines primaires et j'exposerai les résultats de mesures de vitesses de réactions effectuées sur des amines de formules



$$R.CH^2.CH^2NH^2 \quad \text{et} \quad R.CH^2.CH^2.CH(NH^2).CH^2.CH^2.R'.$$

La difficulté était de trouver une réaction des amines, dont la vitesse fût facilement mesurable.

J'ai envisagé d'abord l'action de l'éther oxalique (³), mais la réaction qui conduit à la formation d'une diamide oxalique est extrêmement rapide, même dans un solvant neutre à 0°.

Pour les mêmes raisons, je n'ai pu utiliser l'isocyanate de phényle, qui, avec les amines, donne des phénylurées.

Mon choix s'est fixé alors sur l'action du malonate d'éthyle qui conduit à la formation de diamides maloniques. Les auteurs (⁴) qui ont étudié cette réaction signalent qu'elle n'est pas très rapide, en sorte qu'elle se prête facilement à des mesures de vitesses de réaction.

(¹) Séance du 29 février 1932.

(²) M[me] Ramart-Lucas, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 726.

(³) Hofmann, *Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie*, 1861, p. 494; *Ber. der deut. chem. Ges.*, 3, 1870, p. 776; Duvillier, Buisine, *Ann. Chim. et Phys.*, 5ᵉ série, **23**, 1881, p. 295; Henry, *Comptes rendus*, **100**, 1885, p. 946.

(⁴) Freund, *Ber. der deut. chem. Ges.*, **17**, 1884, p. 134; F. Chattawey et F. Mason, *Journ. Chem. Soc.*, **97**, 1910, p. 339 à 345; F. Chattawey et J. Olmsted, *Journ. Chem. Soc.*, **97**, 1910, p. 938; J. Bakes, R. West et A. Whiteley, *Journ. Chem. Soc.*, **119**, 1921, p. 359 à 379; R. West, *Journ. Chem. Soc.*, **127**, 1925, p. 748.

Ces mesures ont été effectuées de la façon suivante : j'ai mélangé 1^{mol} d'amine avec $0^{mol},5$ plus un léger excès de malonate d'éthyle, j'ai ajouté de l'alcool absolu afin d'avoir une concentration d'environ 0,3 N en amine. (La concentration en amine a varié dans tous nos essais de 0,302 N à 0,309 N et le malonate d'éthyle se trouvait en excès par rapport à l'amine, l'excès variant dans les divers essais de 0,125 à 0,7 pour 100.) Dans des petites ampoules (même verre et même capacité), j'ai introduit 1^{cm^3} de mélange, soit $0^{mol},0003$ d'amine environ, et chauffé les ampoules scellées au bain-marie à la température d'ébullition de l'eau.

J'ai prélevé une ampoule toutes les trois heures, je l'ai brisée dans une fiole conique (Erlenmeyer de 50^{cm^3}), j'ai ajouté un peu d'alcool à 95°, de l'eau et une goutte d'acide rosolique comme indicateur. J'ai dosé l'amine n'ayant pas réagi par SO^4H^2 à N/50. La précision du virage correspond à deux gouttes, donc à environ $0^{cm^3},1$ de SO^4H^2 N/50 ou à 0,65 pour 100 d'amine, en prenant, comme il a été dit, pour chaque essai $0^{mol},0003$ d'amine.

Les essais ont porté en premier lieu sur des amines primaires grasses à chaînes normales à poids moléculaires différents, avec le groupe NH^2 fixé sur un C primaire : la *n*-amylamine, la *n*-octylamine et la *n*-dodecylamine; puis sur l'amino-4-heptane dans lequel le groupe NH^2 est fixé sur un C secondaire; ensuite sur des amines ayant le groupe NH^2 fixé sur un carbure cyclanique : la cyclohexylamine et l'orthométhylcyclohexylamine.

Le tableau suivant résume quelques-uns des résultats obtenus. Nous donnons le pourcentage d'amine ayant réagi après une durée déterminée de chauffage :

Heures.	0.	6.	12.	18.	21.	27.	30.
n-amylamine	0	7,43	13,51	17,23	19,89	22,29	22,97
n-octylamine	0	7,46	12,23	17,85	19,80	22,08	24,67
n-dodecylamine	0	6,90	12,82	17,43	19,10	21,71	24,67
amino-4-heptane	0	2,61	3,27	5,88	6,53	8,49	9,15
cyclohexylamine	0	1,63	2,95	5,57	6,55	6,88	9,50
o-méthylcyclohexylamine	0	1,30	3,25	4,88	5,53	7,16	10,09

On peut observer que les trois premières des amines étudiées ont la même vitesse pour la réaction décrite, les trois dernières ont aussi entre elles la même vitesse de réaction.

La vitesse du premier groupe est de beaucoup plus grande (24 pour 100 environ en 30 heures) que celle du deuxième (9,5 pour 100 environ en 30 heures).

Au cours de mes essais, j'ai préparé les composés suivants qui n'étaient pas connus :

La N, N'-*di-n-dodécyloxalamide* (cristallisée dans le benzène et l'éther) fond à 120°-121°; la N, N'-*dicyclohexyloxalamide* (cristallisée dans le benzène et l'éther) fond à 273° (Maquenne); la N, N'-*di (orthométhylcyclohexyl) oxalamide* (précipitée de sa solution benzénique par addition d'éther) fond à 265° (Maquenne); la N-*n-dodécyl*. N'-*phénylurée* (cristallisée dans le benzène) fond à 84°-85°; la N, N'-*di-n-octylmalonamide* (précipitée de sa solution benzénique par addition d'éther) fond à 126°; la N, N'-*di-n-dodécylmalonamide* (cristallisée dans le benzène et l'éther) fond à 127°; la N, N'-*di (di-n-propylméthyl) malonamide* (cristallisée dans l'éther de pétrole) fond à 147°; la N, N'-*dicyclohexylmalonamide* (cristallisée dans le benzène et l'éther de pétrole) fond à 167°,5 (Maquenne); la N, N'-*di (orthométhylcyclohexyl) malonamide* (cristallisée dans le benzène et l'éther de pétrole) fond à 210°,5 (Maquenne).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *La formaldoxime réactif très sensible des métaux du groupe fer et notamment du manganèse. Applications diverses (eaux minérales, etc.).* Note de M. **Georges Denigès**, présentée par M. A. Desgrez.

En 1899 (¹) A. Bach a montré que la formaldoxime, en milieu alcalin, fournissait, avec l'ion cuivrique, une combinaison présentant une coloration violette, encore sensible avec une solution renfermant $0^{mg},25$ de Cu^{II} par litre. L'auteur faisait remarquer qu'avant de procéder à la recherche du cuivre par la formaldoxime, il convenait d'éliminer les métaux du groupe fer.

Or l'étude attentive de cette réaction, appliquée à ces derniers, nous a montré qu'elle pouvait leur être avantageusement appliquée et présentait même un excellent caractère de spécificité pour chacun d'eux, soit par la coloration obtenue, soit par sa rapidité variable d'apparition, soit par son degré de labilité ou de résistance à la chaleur, au temps ou à un excès de réactif.

La préparation de ce dernier, pour des raisons de fixité de constitution

(¹) *Comptes rendus*, **128**, 1899, p. 363.

et de facilité d'obtention, a dû être modifiée en substituant le trioxyméthylène, de composition constante, au formol commercial à titre variable.

Réactif. — Mettre, dans un fort tube à essai, 3^g de trioxyméthylène et 7^g de chlorhydrate d'hydroxylamine. Ajouter 15^{cm^3} d'eau et porter le mélange à l'ébullition jusqu'à dissolution et clarification complètes. Laisser refroidir. Le réactif, inaltérable, est prêt pour l'usage.

Technique. — De ce réactif, on mettra I goutte dans chaque essai de 10^{cm^3} et aussitôt (¹) après, II gouttes de lessive de soude (solution normale, environ) et l'on mélangera. En opérant ainsi avec des solutions salines de Mn^{II}, Ni^{II}, Co^{II}, Fe^{III} et Cu^{II}; renfermant par litre, 10^{mg} de ces métaux — dose optima pour une première étude — on observe, instantanément, avec Mn une coloration rouge orangé intense (nº 32 du Code des couleurs de Klincksiek et Valette), persistant avec le temps et aussi au bain-marie bouillant, même après un quart d'heure de chauffage; avec Ni une teinte verte, puis feuille morte (nº 178 du Code) persistant à froid, mais fortement atténuée après 2 minutes de bain-marie et ne laissant qu'une coloration violacée presque insensible en en prolongeant l'action 5 minutes; avec Co, une teinte jaune paille très faible, stable à froid et à chaud; avec Fe^{III} — mais seulement après 2 ou 3 minutes — une teinte violet rouge (nº 579 du Code), se développant lentement mais acquérant, après 12 heures, une intensité comparable à celle que fournissent, dans leur nuance respective, Mn et Ni. Elle disparaît complètement après 2 minutes de bain-marie et est remplacée par un faible précipité d'hydrate ferrique. Enfin, avec Cu, on constate la coloration violette (nº 70 du Code) signalée par Bach, mais avec des modalités non indiquées par cet auteur. Ainsi elle disparaît complètement à froid, après 12 à 15 heures, ou après 2 minutes de bain-marie. Au bout d'une heure, elle est déjà très atténuée dans les couches inférieures, la surface seule restant violette; une agitation vigoureuse (en brassant de l'air dans la masse liquide) la rétablit; puis elle s'affaiblit encore et si on la fait reparaître par agitation ce n'est que notablement affaiblie. Au bout d'un certain temps, cette réaction est devenue irréversible.

Avec des solutions à 50^{mg} de ces cations par litre (²), on observe les mêmes résultats, mais beaucoup plus accusés évidemment. Avec Cu, la teinte de début est verdâtre, violacée en surface, mais devient bleu violet par une vive agitation. Elle présente les alternatives de décoloration, puis de coloration plus haut signalées, quand on abandonne un temps suffisant le liquide au repos, puis quand on l'agite énergiquement.

En réduisant les doses des métaux employés à 1^{mg} pour Cu, Fe, Ni, Co et à $0^{mg},5$ pour Mn, les teintes sont les mêmes qu'avec 10^{mg} mais amoindries proportionnellement à la dilution. Les limites sont de $0^{mg},05$ par litre, pour le Mn; $0^{mg},10$ pour Cu, Ni et Fe^{III}; 20^{mg} pour Co. Au bain-marie bouillant, seule la coloration due à Mn persiste : celle des autres métaux disparaît en quelques minutes.

Les mêmes résultats sont obtenus avec des solutions renfermant de $0^{mg},1$ à 50^{mg} par

---

(¹) Pour éviter les réductions de Cu^{II} et Fe^{III}, Cu^{I} et Fe^{II} n'agissant pas sur la formaldoxime alcaline.

(²) Dose qu'il ne faut pas dépasser, pour de bonnes observations.

litre des mêmes métaux et de fortes doses de chlorures (30^g par litre) et de carbonates alcalins.

Dans tous les cas, la résistance de la coloration produite par Mn à l'action de la chaleur est vraiment remarquable et permet de distinguer des traces de ce cathion même en présence des autres métaux du groupe fer.

Applications. — En dehors de l'identification et du dosage colorimétrique, en général, des métaux précités, la réaction formaldoximique permet de déceler et de doser presque instantanément les quantités les plus minimes de Mn dans les eaux naturelles, les eaux minérales, en particulier.

Enfin, par son aide et en se servant d'un témoin renfermant, par litre, 50^{mg} de cobalt salifié, exempt de nickel et en opérant sur 10^{cm^3} d'une solution, au même titre, d'un sel de cobalt du commerce, il est possible de déceler et de doser extemporanément jusqu'à deux millièmes de nickel, si l'on observe le liquide dans un tube sous une épaisseur d'au moins 5^{cm}.

GÉOLOGIE. — *Sur le Massif des Senhadjas* (Rif méridional). Note de M. **Jean Lacoste**, présentée par M. Ch. Jacob.

J'ai déjà brièvement signalé (1) l'importance du massif des Senhadjas comme élément structural de la région du Moyen-Ouergha. Des recherches récentes m'ont confirmé que son étude est de celles qui permettent de dégager le style tectonique de cette partie du Rif méridional.

Ce massif apparaît comme un vaste bombement anticlinal de calcaires jurassiques, émergeant de la série des marnes schisteuses d'âge jurassique et crétacé. Le contour des calcaires jurassiques donne au massif la curieuse forme générale d'un V, ouvert vers le Nord, dont les branches, l'une de direction Nord-Ouest-Sud-Est, l'autre, Sud-Ouest-Nord-Est, forment un angle de 60° environ.

Pour qui étudie le Rif méridional en venant de la zone atlantique, c'est la première fois qu'apparaît la direction Sud-Ouest-Nord-Est, direction qui est propre au Rif oriental. En d'autres termes, on peut dire que les Senhadjas se trouvent dans la zone de convexité maximum des plis rifains et qu'ils

(1) J. Lacoste, *A propos du massif des Senhadjas. Les rapports de sa partie occidentale avec la région prérifaine* (*C. R. S. Soc. Géol. France*, n° 8, 1930, p. 81-83).

appartiennent en partie au Rif occidental, en partie au Rif oriental. D'ailleurs il ne s'agit pas là, localement, de courbure, mais d'un angle brutal entre les deux directions.

Ce brusque changement d'orientation paraît être déterminé par la présence d'un môle résistant, dissimulé sous la couverture des marnes schisteuses au Sud-Est des Senhadjas, ainsi que le Dr Russo, en a émis l'hypothèse [P. Russo et Mme L. Russo, *Recherches géologiques sur le nord-est du Rif* (*Mém. Soc. of Sciences nat. du Maroc*, n° 20, 31 août 1929, p. 129 et suiv.)]. Les dislocations d'allure sub-verticales de l'aile orientale des Senhadjas évoquent bien la pression de cet ensemble calcaire contre une masse rigide. En outre, la présence d'affleurements de granite, à la pointe en V du massif, montre que le socle lui-même a été affecté par ces phénomènes de tectonique cassante.

Par contre, l'aile Sud-Ouest des Senhadjas, poussée vers le Sud, n'a pas rencontré de résistance, comme l'aile orientale. Elle presse et chevauche, selon le style courant de la région, les marnes schisteuses secondaires et même le bord Nord du synclinal miocène de l'Oued Teheris.

Ce chevauchement, qui s'amorce faiblement à l'extrémité Ouest du massif des Senhadjas (El Mena), gagne progressivement en amplitude vers le Sud-Est. Et l'on a ainsi l'exemple, démonstratif et rarement aussi net dans ce pays, d'une série qui, d'un pli droit régulier, passe de l'Ouest vers l'Est, *en sept kilomètres*, à un pli-faille avec chevauchements et décollements, arrivant, si on considère ceux-ci localement, à présenter tous les caractères d'une nappe.

Une autre observation importante concerne la nature des accidents produits au Sud, dans les séries schisteuses et marneuses, par la poussée provenant des Senhadjas et massifs voisins. On aurait pu penser que cette poussée allait déterminer un départ de ces séries de couverture en longs plis couchés ou en longues écailles chevauchantes. En fait, les mouvements tangentiels sont immédiatement amortis. Les séries schisteuses et marneuses, secondaires et tertiaires, se sont plissotées presque sur place; et le chapelet de synclinaux pincés, nummulitiques et miocènes, qui s'alignent, dans le pays des Tsouls, sur l'axe même du grand synclinal du Téhéris, précisent bien ce style d'ondulations peu larges ou de courtes imbrications sans déplacements tangentiels importants. Dans cette zone, les apparitions de Trias traduisent des accidents locaux et s'expliquent par des injections du terrain gypseux et salé, sous l'effet du serrage, dans l'épaisseur des sédiments plastiques.

En résumé, de la structure du massif des Senhadjas se dégagent les observations essentielles suivantes :

1° Une tectonique cassante, dont les accidents profonds intéressent même les roches du socle, est mise en évidence dans l'aile orientale du massif jurassique calcaire des Senhadjas. C'est, dans la partie de la région rifaine méridionale que j'ai étudiée, un des points où apparaît nettement le jeu des masses profondes.

2° L'aile occidentale du massif des Senhadjas montre, de proche en proche, le passage de séries parfaitement en place à des séries décollées; celles-ci présentent tous les caractères de nappes, et, étudiées isolément, elles pourraient être interprétées comme telles.

3° Les pressions transmises latéralement par les importants massifs jurassico-crétacés du Rif méridional n'ont déterminé, dans les séries marneuses, secondaires et tertiaires, de la couverture, que des plissements de faible amplitude, avec déversements vers le Sud, et non de grands mouvements tangentiels dirigés vers le Prérif.

SISMOLOGIE. — *Sur la propagation d'un séisme à l'intérieur d'un solide homogène, isotrope, élastique, semi-indéfini, limité par une surface plane.* Note (¹) de M. **L. Cagniard**, présentée par M. Ch. Maurain.

Lamb montrait en 1904, dans un Mémoire fondamental (*Phil. Trans. of the Royal Soc.*, 203, p. 1), que l'objet essentiel de la Sismologie théorique doit être l'étude de la propagation d'un *signal* plutôt que celle d'états de régime harmoniques.

En assimilant le sol à un solide homogène, isotrope, élastique, semi-indéfini, limité par une surface plane, Lamb étudiait la propagation *en surface* du séisme engendré par une source ponctuelle superficielle. Je me suis proposé de généraliser, dans diverses directions, les résultats de Lamb et, tout d'abord, de reprendre le problème qu'il avait traité :

1° En supposant que la source ponctuelle O est située à la profondeur h, et non en surface; cette source est une sphère de rayon infiniment petit par rapport à h, dont les pulsations radiales et isotropes, nulles avant l'origine des temps, s'effectuent suivant une loi arbitraire du temps.

2° En étudiant la propagation *à l'intérieur* du sol.

(¹) Séance du 22 février 1932.

3° En évitant avant tout la décomposition en intégrale de Fourier.

Les phénomènes sont de révolution autour d'un axe passant par O normal à la surface. Soient ρ la distance d'un point M à cet axe, $z > 0$ la profondeur du point M; les composantes l_ρ et l_z de l'élongation dérivent de deux fonctions Ψ et U qui définissent respectivement les vibrations de condensation et celles de distorsion

$$l_\rho = \frac{\partial\Psi}{\partial\rho} - \frac{\partial U}{\partial z}, \qquad l_z = \frac{\partial\Psi}{\partial z} + \left(\frac{\partial U}{\partial\rho} + \frac{U}{\rho}\right).$$

A l'intérieur du sol ($z \geqq 0$), Ψ et U s'expriment ainsi :

$$\Psi(t, \rho, z) = \int_0^t \varphi(t-u)[A_1(u, \rho, z) + A_2(u, \rho, z) + A_3(u, \rho, z)]\,du,$$

$$U(t, \rho, z) = \int_0^t \varphi(t-u)\,B(u, \rho, z)\,du.$$

La fonction $\varphi(t-u)$ est nulle pour $t-u<0$. Je supposerai d'abord qu'elle est continue et indéfiniment dérivable quelle que soit la variable réelle $t-u$. Par exemple :

$$\varphi(t-u) = \begin{cases} 0 & \text{pour } t-u \leqq 0, \\ e^{-\frac{1}{t-u}} & \text{pour } t-u > 0. \end{cases}$$

Cette fonction $\varphi(t-u)$, assez arbitraire, ne dépend que de la loi de pulsation de la source et caractérise en somme l'onde sphérique isotrope incidente. Les fonctions A_1, A_2, A_3, B sont indépendantes au contraire de la constitution de l'onde incidente et caractérisent le phénomène de propagation. Je me bornerai actuellement à l'étude des ondes de condensation, définies par les fonctions A_1, A_2, A_3 ou les parties correspondantes Ψ_1, Ψ_2, Ψ_3 de l'intégrale Ψ.

Soit O' le symétrique de O par rapport à la surface. Posons $\overline{OM} = R$ et $\overline{O'M} = R'$. Désignons par I l'angle d'incidence, égal à l'angle de réflexion, du « rayon sismique » qui, au sens de la sismologie géométrique, se réfléchit à la surface du sol avant d'atteindre M. Soient Ω_1, Ω_2, Ω_3 les vitesses de phase des ondes harmoniques planes de condensation, de distorsion et de Rayleigh, n le rapport Ω_1/Ω_2, v une variable réelle d'intégration et posons ($i = \sqrt{-1}$) :

$$\tau_1 = \frac{\Omega_1 u}{R'}; \qquad \xi_1 = \frac{\tau_1 \cos I + iv\sqrt{\tau_1^2 - 1}\sin I}{\Omega_1}.$$

$\sqrt{\tau_1^2 - 1}$ signifiant la racine arithmétique.

Désignons respectivement par $\mathcal{R}$ et $\mathcal{I}$ la partie réelle et le coefficient de i d'une quantité complexe. Convenons que $\mathcal{R}\left[\sqrt{\xi_1^2+(1/\Omega_2^2-1/\Omega_1^2)}\right]$ est positif et soit enfin $\Phi(u)$ la primitive de $\varphi(u)$ qui s'annule pour $u \leqq 0$. On a

$$A_1=\begin{cases} 0 & \text{pour } u<\dfrac{R}{\Omega_1}, \\ \dfrac{1}{R} & \text{pour } u>\dfrac{R}{\Omega_1}, \end{cases} \quad \text{d'où} \quad \Psi_1=\begin{cases} 0 & \text{pour } t<\dfrac{R}{\Omega_1}, \\ \dfrac{1}{R}\,\Phi\left(t-\dfrac{R}{\Omega_1}\right) & \text{pour } t>\dfrac{R}{\Omega_1}, \end{cases}$$

$$A_2=\begin{cases} 0 & \text{pour } u<\dfrac{R'}{\Omega_1}, \\ -\dfrac{1}{R'} & \text{pour } u>\dfrac{R'}{\Omega_1}, \end{cases} \quad \text{d'où} \quad \Psi_2=\begin{cases} 0 & \text{pour } t<\dfrac{R'}{\Omega_1}, \\ -\dfrac{1}{R'}\,\Phi\left(t-\dfrac{R'}{\Omega_1}\right) & \text{pour } t>\dfrac{R'}{\Omega_1}, \end{cases}$$

$$A_3=\begin{cases} 0 \quad \text{pour } \tau_1<1 \quad \text{ou} \quad u<\dfrac{R'}{\Omega_1}, \\ \dfrac{4}{\pi R'}\displaystyle\int_0^1 \frac{dv}{\sqrt{1-v^2}}\,\mathcal{R}\left[\frac{\xi_1\left(\xi_1^2-\dfrac{1}{\Omega_1^2}\right)\sqrt{\xi_1^2+\left(\dfrac{1}{\Omega_2^2}-\dfrac{1}{\Omega_1^2}\right)}}{\xi_1\left(\xi_1^2-\dfrac{1}{\Omega_1^2}\right)\sqrt{\xi_1^2+\left(\dfrac{1}{\Omega_2^2}-\dfrac{1}{\Omega_1^2}\right)}-\left(\xi_1^2+\dfrac{1}{2\Omega_2^2}-\dfrac{1}{\Omega_1^2}\right)^2}\right] \\ \qquad\qquad \text{pour } u>\dfrac{R'}{\Omega_1}. \end{cases}$$

Ψ_1 définit l'onde incidente dont le front avant est la portion de la surface de la sphère $R=\Omega_1 t$ comprise à l'intérieur du sol. Au passage de l'onde Ψ_1 supposée unique, un point M quelconque vibre pendant la même durée que la source et revient au repos si le signal est de durée limitée.

L'onde Ψ_2 a des propriétés semblables à celles de Ψ_1 mais ne peut être dissociée de l'onde Ψ_3, qui a même front avant, que par un artifice de langage. Elle représente une réflexion idéale : les fonctions Ψ_3 et U marquent la différence entre la réflexion réelle et une réflexion idéale.

L'onde Ψ_3 persiste indéfiniment, même si le signal est de durée limitée. L'élongation tend, bien entendu, vers zéro quand t devient infini, quoique A_3 devienne infini en même temps que u.

D'autre part, le dénominateur de la fonction sous le signe d'intégration ne possède que la racine $i\sqrt{1/\Omega_3^{2-1}/\Omega_1^2}$. La variable ξ_1 n'égale jamais cette racine, mais peut en approcher autant qu'on veut pour certaines valeurs de ρ, z, t. Ce fait se traduit par une déformation de l'onde Ψ_3, particulièrement profonde et caractéristique aux époques voisines de R/Ω_3 quand la droite OM est peu inclinée sur l'horizon et quand R est grand par rapport à h. Un fait analogue se produit pour l'onde de distorsion U. Ce phénomène, dont la parenté avec l'onde harmonique de Rayleigh est évidente,

existe cependant, mais avec plus ou moins de netteté. en tout point M et à tout instant depuis l'arrivée de l'onde $\Psi_2 + \Psi_3$. Il ne peut pas, éventuellement, lui correspondre une discontinuité cinématique quelconque. On ne doit pas le considérer comme une onde particulière, le dissocier de l'onde réfléchie : il constitue l'onde réfléchie elle-même.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les courants aériens superposés en saison sèche au-dessus de la presqu'île du Cap Vert.* Note de M. **Henry Hubert**.

Ayant reçu communication de graphiques journaliers de sondages aérologiques effectués à Dakar par le Service Météorologique de l'A. O. F., j'ai entrepris une reconstitution générale, d'après ces documents, de l'allure des courants aériens au-dessus de la presqu'île du Cap Vert pour les deux derniers mois de l'année 1931. Il se dégage de ce travail les renseignements d'ensemble suivants :

1° La superposition, en saison sèche, de trois courants aériens (alizé, harmattan, contre-alizé), telle que je l'ai indiquée dans une série de publications (1911-1926), se trouve une fois de plus confirmée. Il ne paraît y avoir rien à modifier quant aux caractères généraux de ces courants, tels qu'ils ont été décrits antérieurement.

2° Il est confirmé que le passage, sur une même verticale, d'un courant aérien à celui qui lui est contigu, se traduit par un changement brutal de direction (et certainement aussi de température).

3° Les variations d'extension en altitude de ces courants, que j'avais déjà signalées, se révèlent si importantes que l'instabilité de la base ou du sommet de ces courants est la règle. Quelques précisions paraissent nécessaires à ce sujet.

a. La limite commune, *sommet de l'alizé-base de l'harmattan*, qui ne paraît pas dépasser 1800^m dans la région considérée, et dont l'altitude moyenne est voisine de 800-900^m, peut, par exemple, descendre, en quelques heures, de 1000 ou 1300^m à zéro, auquel cas l'alizé disparaît alors de la surface, étant rejeté dans l'Ouest et remplacé au sol par l'harmattan. La remontée en altitude de cette limite peut être aussi rapide que l'a été la descente.

b. La limite commune, *sommet de l'harmattan-base du contre-alizé*, subit des variations d'altitude encore plus fortes, tombant, par exemple, en moins de 24 heures, de 5000^m à moins de 2000^m et pouvant s'abaisser jusqu'à 500^m,

Il est rappelé ici qu'en dehors de modifications de température et de vents au sol, que j'ai déjà signalées comme accompagnant les brusques et importantes variations d'altitude de la base des courants aériens de la région de Dakar, ces variations ne s'accompagnent pas de changements notables du temps (exceptionnellement petites pluies d'hiver en relation avec l'abaissement de la base du contre-alizé).

4° Les variations d'altitude des deux limites précédemment indiquées ont lieu d'ordinaire d'une façon indépendante pour chacune de ces limites. Elles peuvent être en même temps de même sens, ou divergentes, ou quelconques. Par suite, l'harmattan, compris entre les deux limites, peut aussi bien occuper une tranche d'atmosphère dépassant 3500^m, que se trouver réduit à moins de 200^m d'épaisseur.

5° Si, sur une même verticale et pour un même moment, la direction de l'alizé reste pratiquement constante aux différentes altitudes auxquelles se manifeste ce courant, la constance de direction n'est généralement pas la règle dans chacun des deux courants supérieurs.

a. Dans sa partie basse, l'harmattan est un courant d'est, en général sur plusieurs centaines de mètres de hauteur, puis, *progressivement* et en fonction de l'altitude, il dévie vers sa droite (ou vers sa gauche) de façon à passer à une direction pouvant atteindre le Sud-Sud-Est (ou le Nord-Nord-Est) et, exceptionnellement le Sud (ou le Nord).

b. De même, le contre-alizé, dans sa partie basse et moyenne, est un courant du Sud-Ouest (exceptionnellement Nord-Ouest), mais il semble passer, dans sa partie la plus élevée (sans doute au-dessus de 8000^m), à une direction Ouest.

6° Les condensations, exceptionnelles dans l'harmattan, s'observent au contraire dans l'alizé (*cumulus*) et surtout dans le contre-alizé (*cirrus*, *alto-cumulus*, etc.). L'abaissement possible de ce dernier courant explique qu'il puisse véhiculer de véritables systèmes nuageux.

Les renseignements ci-dessus présentent un intérêt pratique notable, en particulier pour la navigation aérienne. Ils s'appliquent d'ailleurs, sans aucun doute, à l'ensemble de la zone littorale comprise au moins entre Port-Étienne et Dakar.

ZOOLOGIE. — *Sur les cellules à bâtonnets des Poissons.* Note de M. **Henri Gauthier**, présentée par M. M. Caullery.

On sait que les tissus les plus divers de nombreux poissons marins ou d'eau douce présentent de place en place des corpuscules qui ont d'abord été interprétés comme un des stades évolutifs d'un Sporozoaire énigmatique [1], la *Rhabdospora thelohani* Laguesse 1895, et qui ont été reconnus depuis [2] comme des cellules normales, mais tout à fait singulières. Si leur structure morphologique est minutieusement décrite, nous en sommes encore réduits, en ce qui concerne leur origine et leur physiologie, à de simples conjectures.

J'ai trouvé au printemps dernier ces curieuses formations chez le *Cyprinodon iberus* C. V., petit poisson d'eau douce du Sud-Oranais, et je m'efforce de déceler leur véritable nature.

Je les ai étudiées d'abord sur des poissons adultes : Trigles, *Ophisurus serpens* (L.), *Cyprinodon iberus* C. V., *Tellia apoda* Gervais, enfin *Gambusia holbrooki* (Girard), petit Cyprinodonte nord-américain récemment introduit en Algérie par l'Institut Pasteur en vue de la lutte contre les moustiques. J'ai retrouvé les faits observés par Mme Plehn, revu notamment ces cellules émettre dans l'intestin et dans les gros troncs vasculaires des sécrétions qui semblent visqueuses, et noté qu'en aucun cas ces sécrétions, ni aucune partie de la cellule, ne se colorent par le mucicarmin. J'ai pu me rendre compte qu'après fixation au Bouin-Hollande, tantôt les bâtonnets sont réfractaires à toute coloration élective par les colorants nucléaires, tantôt ils prennent vivement l'hématoxyline ferrique, et j'étudie leur comportement vis-à-vis de la réaction de Feulgen.

Je dois signaler en particulier, ce qui n'avait pas été vu, que, chez un *Cyprinodon iberus* en pleine activité sexuelle, les parois des gros troncs vasculaires de la région moyenne du testicule ont été trouvées farcies de ces cellules, contenant des bâtonnets en pleine turgescence et très vivement colorés, en noir opaque, par l'hématoxyline ferrique après une différencia-

(1) Thélohan, *Comptes rendus*, 114, 1892, p. 136, et *Journ. Anat. Physiol.*, 28, 1892, p. 163; Laguesse, *Rev. biol. Nord Fr.*, VII, 1895, p. 343, et *Anat. Anz.*, 28, 1906, p. 144; Labbé, *Thierreich*, Lief. 5, *Sporozoa*, 1899.

(2) M. Plehn, *Anat. Anz.*, 28, 1906, p. 92; *Ibid.*, 29, 1906, p. 152; Léger et Duboscq, *Comptes rendus*, 148, 1909, p. 1547.

tion normale. D'autre part, dans l'épithélium intestinal d'un *Tellia apoda*, j'ai trouvé ces bâtonnets hypertrophiés jusqu'à devenir confluents, et très fortement imprégnés à l'argent, après traitement par la méthode de Golgi.

J'ai coupé ensuite *in toto* et examiné en série deux alevins de Gambuse, fixés aussitôt après leur mise au monde (les Gambuses sont ovovivipares) et deux jeunes de la même ponte, âgés de 5 mois. Chez les premiers, les cellules à bâtonnets se montrent en grande quantité exclusivement : 1° dans la muqueuse du plafond buccal; 2° dans le tissu lacunaire très lâche qui entoure les ganglions spinaux et sympathiques, les veines cardinales antérieures et le péricarde; 3° appliquées étroitement contre la tunique externe du tube digestif, ou logées entre les cellules de la muqueuse. Certaines même, très rares, sont intercalées dans les fibres de la musculeuse, et l'on peut d'autant plus se demander si elles ne traversent pas les tuniques de l'extérieur vers l'intérieur qu'on les retrouve bien, chez le jeune de 5 mois, assez nombreuses dans la muqueuse, mais qu'elles sont devenues extrêmement rares à l'extérieur de la séreuse. D'autre part, ni chez l'adulte, ni chez aucun adulte d'autres espèces, on ne les y a jamais vues; mais cela provient peut-être de ce que l'intestin est rarement coupé *in situ*.

J'ai peine à croire que ces cellules puissent se différencier sur place, aux dépens de tissus aussi divers, étant donnés leurs caractères très particuliers et constants. Autant que mes observations me permettent de le supposer, j'inclinerais plutôt à admettre qu'elles prennent naissance, au cours de l'embryogenèse, aux dépens d'ébauches définies, qu'elles émigreraient, déjà différenciées, par la voie lymphatique et qu'elles s'installeraient peu à peu, avec leurs caractères si particuliers déjà acquis, dans les divers organes d'où elles sont connues. On ne les a jamais trouvées dans le sang ni dans les parois des capillaires sanguins, mais seulement dans celles des vaisseaux d'un calibre important.

Enfin je me suis demandé si ces éléments n'auraient pas quelque affinité avec les tissus corticaux-surrénaux ou paraganglionnaires. Et j'étudie leur réaction vis-à-vis des sels de chrome, avec des résultats jusqu'ici négatifs.

Je crois, en résumé, qu'en l'état actuel du problème, c'est par l'étude des embryons que les recherches doivent se poursuivre, ce que je me propose de faire dès que les Gambuses auront repris leur activité sexuelle.

PHYSIOLOGIE. — *Effets de l'adrénaline sur les vaisseaux de la patte et du rein.* Note de M. Raymond-Hamet, présentée par M. Charles Richet.

Hartman a prétendu que l'adrénaline dilate les vaisseaux périphériques alors qu'elle contracte ceux du territoire splanchnique. Mais cette assertion

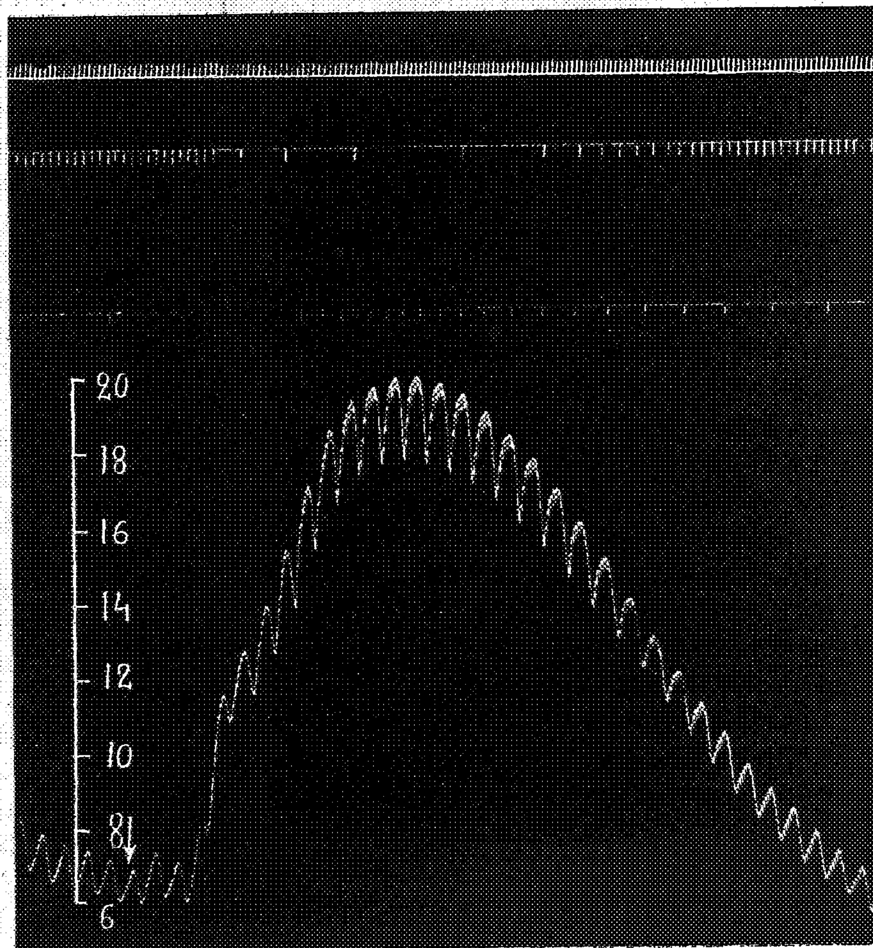


Fig. 1. — Expérience du 28 novembre 1931. Chien de 17^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kilogramme), ayant ses vagues coupés au cou, soumis à la respiration artificielle et ayant reçu, en injection intraveineuse, 1^{g} de novirudine. Première ligne : temps en secondes; deuxième ligne : débit sanguin de la veine rénale; troisième ligne : débit veineux de la veine fémorale; quatrième ligne : variations de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. Au point marqué par la flèche, injection, dans la saphène, de 0^{mg},10 d'adrénaline en solution dans 10$^{cm^2}$ de soluté physiologique de chlorure de sodium. Tracé reproduit en grandeur naturelle.

a été récemment critiquée par Schretzenmayr, qui a affirmé qu'aux doses hypertensives l'adrénaline augmente le tonus de tous les vaisseaux de la grande circulation qui ont une innervation sympathique et que c'est seule-

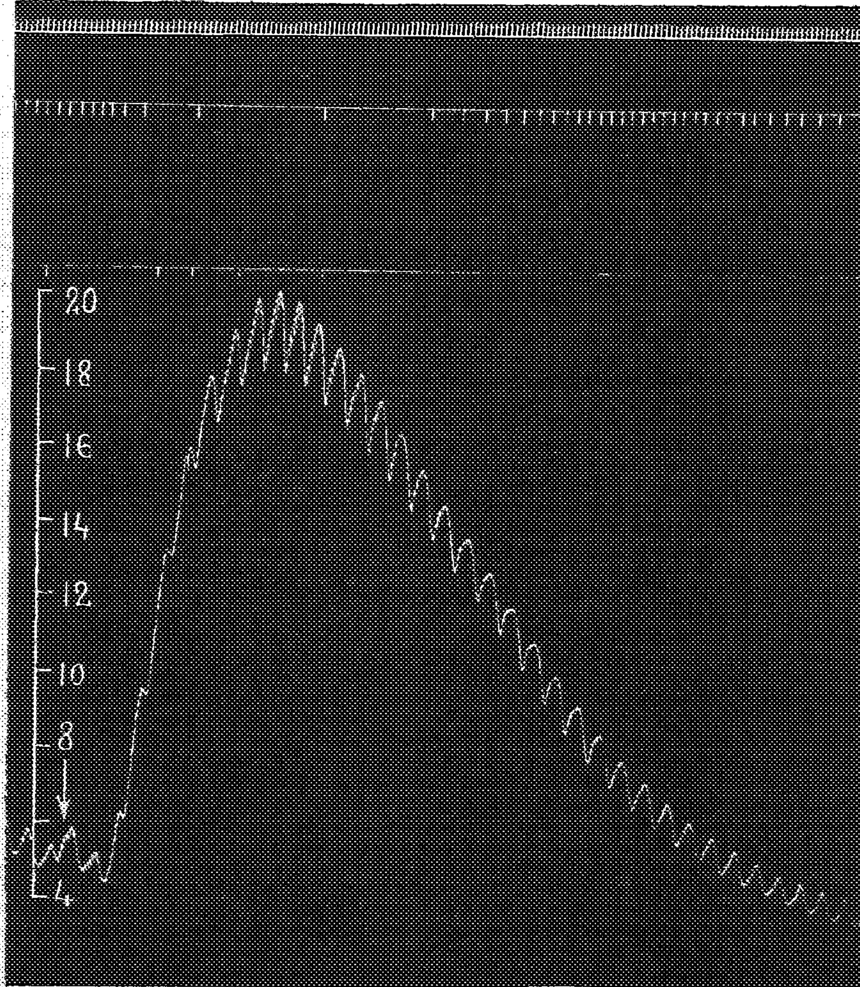


Fig. 2. — Suite de la figure 1. Au point marqué par la flèche, injection, dans la saphène, de $0^{mg},25$ d'adrénaline en solution dans 25^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium. Tracé reproduit en grandeur naturelle.

ment par l'effet d'une distention passive, résultant probablement de la faible épaisseur relative de leurs parois musculaires, que certains vaisseaux se dilatent quand la pression artérielle est fortement élevée par l'adrénaline.

Nous avons repris l'étude de cette question ([1]) en enregistrant, sur des chiens anesthésiés par le chloralose, ayant leurs vagues coupés au cou, soumis à la respiration artificielle et ayant reçu en injection intraveineuse une substance anticoagulante, les variations de l'écoulement sanguin de la veine rénale et de la veine fémorale, ceci au moyen de deux compteurs de débit du type Condon reliés, chacun, à un signal de Desprez.

Nous avons pu ainsi constater que des doses d'adrénaline, qui provoquent une forte hypertension, diminuent l'écoulement de la veine rénale mais augmentent celui de la veine fémorale. La diminution du flux veineux rénal et l'augmentation du flux veineux fémoral sont maximaux au moment où l'hypertension est la plus forte. La vaso-constriction rénale cesse longtemps avant que la pression carotidienne soit revenue à son niveau initial tandis que la vaso-dilatation de la patte persiste tant que cette pression n'est pas redevenue ce qu'elle était avant l'injection.

Si l'on injecte une dose plus forte d'adrénaline, l'écoulement de la veine rénale diminue encore, mais celui de la veine fémorale subit, après une faible augmentation initiale, une diminution très forte et très prolongée. Pendant que la pression artérielle s'abaisse, la vaso-constriction rénale cesse, tandis que celle de la patte demeure si forte que l'écoulement de la veine fémorale est complètement arrêté.

Les résultats de nos expériences infirment donc les affirmations de Schretzenmayr. En effet, si la vaso-dilatation de la patte résultait d'une distension passive des vaisseaux par l'hypertension, elle devrait être d'autant plus marquée que cette hypertension serait plus forte. Or, il n'en est rien.

Puisqu'on admet généralement que les doses très faibles d'adrénaline sont hypotensives et vaso-dilatatrices, les doses moyennes et fortes hypertensives et vaso-constrictives, nous pensons que le seuil de l'action vaso-constrictive de l'adrénaline n'est pas le même pour les différents territoires vasculaires et qu'en particulier des concentrations d'adrénaline, qui produisent déjà une vaso-constriction du rein, provoquent encore de la vaso-dilatation de la patte. Les expériences de Flatow et Morimoto viennent d'ailleurs à l'appui de cette hypothèse.

Ajoutons toutefois que l'élévation de la pression carotidienne favorise la vaso-dilatation de la patte non seulement directement mais encore indirectement par l'effet du réflexe sino-carotidien.

([1]) La bibliographie complète en sera publiée ailleurs.

PHONÉTIQUE. — *Résumé du pli cacheté* n° 10476, *déposé par M.* **Jules Forest** *le* 24 *août* 1931 *et ouvert à la demande de l'auteur le* 26 *octobre* 1931.

L'auteur pense que 28 « sons syllabiques » suffisent pour énoncer tous les mots de la langue française et de la plupart des langues étrangères et qu'il serait possible d'inscrire séparément ces sons sur des disques ou des cylindres, suivant les procédés en usage dans l'industrie du phonographe. En appuyant sur des touches, on émettrait successivement les syllabes dont se compose un mot.

L'appareil, auquel l'auteur donne le nom de dactylophone, pourrait être utilisé par les muets pour exprimer leurs pensées par des sons.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une nouvelle hormone sexuelle cristallisée retirée de l'urine des juments gravides.* Note (1) de MM. **A. Girard**, **G. Sandulesco**, **A. Fridenson** et M. **Ir. J. J. Rutgers**, transmise par M. R. Fosse.

La découverte de Zondek, démontrant le passage des hormones sexuelles dans l'urine des femmes enceintes, a été le point de départ d'une importante série des travaux chimiques qui ont abouti à l'isolement de la folliculine cristallisée [Butenandt (2), Doisy (3)]. Cette substance est une oxycétone de formule $C^{18}H^{22}O^{2}$. Marrian (4) a découvert une deuxième substance $C^{18}H^{24}O^{3}$, elle-même étroitement apparentée à la folliculine; une tonne d'urine de femme, après épuisement par 5000^{kg} de chloroforme, produit en moyenne 60^{mg} de folliculine et 0^{g},6 de corps de Marrian.

Zondek a fait connaître que l'urine des juments gravides était beaucoup plus riche en substances œstrogènes que celle des femmes enceintes.

C'est à la suite de cette constatation que nous entreprîmes l'extraction des hormones sexuelles à partir de cette matière première.

Avant son épuisement aux solvants, l'urine doit être soumise à une hydrolyse acide, qui a pour effet de détruire une combinaison fragile, hydrosoluble, des hormones.

---

(1) Séance du 29 février 1932.

(2) A. Butenandt, *Untersuchungen über das weibliche Sexualhormon*, Weidmannsche Buchhandlung, Berlin, 1931.

(3) *Journ. biol. Chemistry*, 87, 1930, p. 357; 91, 1931, p. 791.

(4) Marrian, *Bioch. Jn.*, 24, 1930, p. 435.

L'extraction des hormones à partir de l'extrait total a été conduite en suivant, dans leurs grandes lignes, les techniques opératoires publiées par Butenandt et Doisy (*loc. cit.*). Les hormones se séparent sous forme d'une masse brune résineuse que l'on purifie par des cristallisations répétées dans l'alcool.

Les eaux mères alcooliques sont traitées pendant un quart d'heure à l'ébullition, par la semi-carbazide. Par refroidissement les semi-carbazones, presque totalement insolubles dans l'alcool, se séparent. Après hydrolyse acide, elles fournissent une nouvelle quantité d'oxycétones qui est jointe à la portion principale.

Les cristallisats ainsi obtenus, dont l'activité physiologique s'était révélée presque aussi grande que celle de la folliculine humaine pure, en différaient cependant par un point de fusion très imprécis et surtout un pouvoir rotatoire notablement plus élevé.

En soumettant la substance à une longue série de cristallisations fractionnées dans l'alcool, nous sommes parvenus à la diviser en trois groupes de fractions :

1° Une fraction de tête de très faible solubilité et de pouvoir rotatoire voisin de $(\alpha)_D = +170°$.

2° Des fractions de cœur, plus solubles dont le pouvoir rotatoire spécifique était compris entre $+230°$ et $+260°$.

3° Des fractions de queue de solubilité assez grande dont le pouvoir rotatoire descendait jusqu'à $+140°$.

L'étude polarimétrique de ces diverses fractions révélait ainsi l'existence d'au moins trois corps différents, dont nous avons entrepris la séparation.

La fraction $(\alpha)_D = +170°$, de beaucoup la plus abondante, était constituée par la folliculine elle-même. Après cinq recristallisations dans l'alcool méthylique, l'éther acétique, le dioxane, ses constantes physiques s'établirent ainsi :

$(\alpha)_D^{15} = +163°$ (en solution à 1 pour 100 dans le dioxane); F. 259°-260° (corr.); semi-carbazone : F. 266°-267° (corr.); oxime : F. 241°-242°; benzoate $(\alpha)_D^{15} = +128°$ (à 1 pour 100 dans le dioxane); F. 218°-219° (corr.); éther oxyde méthylique : F. 173°-174° (corr.).

M. Gaudefroy, qui a eu l'obligeance d'effectuer pour nous l'étude cristallographique, reconnut que la substance pouvait exister sous deux modifications cristallines différentes, l'une appartenant au système orthorhombique, l'autre au système monoclinique; cette dernière était en tous points identique à la theeline de Doisy étudiée au point de vue cristallographique par Slawson [1].

---

[1] SLAWSON, *Journ. biol. Chemistry*, 87, 1930, p. 373.

Les fractions dont le pouvoir rotatoire était intermédiaire entre + 170° et + 240° purent être enrichies systématiquement par des épuisements répétés à l'éther froid; les éthers réunis furent ensuite distillés progressivement. La substance nouvelle se concentrait dans les eaux mères finales. Il fut ainsi possible de réunir à partir de sept tonnes d'urine de jument, 1g environ d'une fraction possédant un pouvoir rotatoire supérieur à 250° mais qui fondait encore sur un grand intervalle de degrés.

La majeure partie de la nouvelle substance restait dans les fractions intermédiaires.

Les traitements à l'éther, même répétés, ne permirent pas de pousser plus avant la purification de l'oxycétone à pouvoir rotatoire élevé, par contre ce but fut atteint par l'emploi de l'éther acétique. Mais, tandis qu'avec l'éther la fraction restée dissoute se montrait la plus riche en corps nouveau, ce fut l'inverse avec l'éther acétique.

On procéda alors par cristallisations simples et l'on recueillit ainsi après un grand nombre d'opérations 100^{mg} environ d'un corps dont le pouvoir rotatoire ne s'élevait plus et qui fondait sur 2°.

$(\alpha)_D^{15} = +308°$ (en solution à 1 pour 100 dans le dioxane). F. 238°-240° (corr.) (en tube capillaire par immersion instantanée).

Les propriétés physiques de ce nouveau corps sont extrêmement voisines de celles de la folliculine, toutefois il se montre un peu plus soluble que cette dernière dans tous les solvants; comme elle, il se sublime avec facilité dans le vide profond entre 170° et 200°.

Les propriétés chimiques, de même, se confondent complètement avec celles de la folliculine, et le nouveau corps se prête avec la même facilité à l'obtention de tous les dérivés connus de l'hormone ovarienne.

La discussion des analyses, l'étude cristallographique, l'étude du spectre d'absorption dans l'ultraviolet, la description des dérivés, la mesure de l'activité physiologique (qui paraît nettement inférieure à celle de la folliculine) feront l'objet d'un prochain Mémoire.

Pour rappeler à la fois l'origine équine de cette nouvelle hormone et son étroite parenté avec la folliculine, nous proposons de la désigner désormais sous le nom d'équiline.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les réserves en vitamines* A *et* D *de quelques poissons cartilagineux.* Note (1) de MM. **Émile André** et **Raoul Lecoq**, présentée par M. A. Desgrez.

Depuis longtemps il a été constaté que certaines huiles extraites du foie de divers poissons cartilagineux possèdent une action curative dans le traitement du rachitisme. Gobley (2) a signalé tout particulièrement l'action antirachitique de l'huile de foie de raie, sans indiquer d'ailleurs de quelle espèce du genre *Raja* avait été retirée l'huile dont il vante les mérites.

Cependant on s'est demandé de nos jours si les poissons cartilagineux ne devaient pas être considérés comme naturellement rachitiques. Cette hypothèse est d'accord avec les résultats des analyses biochimiques de Portier et Fontaine (3) concernant la calcémie et la phosphatémie comparées chez les poissons osseux et les poissons cartilagineux. Toutefois les auteurs américains, Bodanski, R. M. et H. Bakwin (4) n'ont constaté aucune différence dans la proportion de phosphatase normalement contenue dans les tissus de ces deux catégories de poissons.

Il nous a paru intéressant, dans ces conditions, de rechercher, dans l'huile du foie (organe naturel de réserve) de quelques poissons cartilagineux, les vitamines A et D. Nous nous sommes adressés à cet effet à la Centrine humantin ou Porc de mer (*Centrina vulpecula* Rondelet), à la Liche commune du Gatte (*Scymnus Lichia* Müller et Henlé) et au Pocheteau blanc ou Raie batis (*Raja batis* Linné) dont les huiles de foie authentiques préparées respectivement en 1924, 1925, 1926, présentaient les caractères physiques et chimiques résumés dans le tableau ci-après.

Ces huiles avaient été conservées en flacons presque pleins, bouchés à la cire, tenus à l'abri de la lumière vive et sans aucune précaution spéciale.

L'huile de foie de *Scymnus Lichia* avait déjà fait l'objet d'une étude chimique antérieure (5).

(1) Séance du 29 février 1932.

(2) *J. de Pharm. et Chim.*, 3e série, 5, 1844, p. 306.

(3) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1218, et 194, 1932, p. 395.

(4) *Journ. of biol. Chem.*, 94, 1931, p. 550.

(5) E. André et H. Canal, *Ann. de Chim.*, 10e série, 7, 1927, p. 79.

	Scymnus Lichia.	Centrina vulpecula.	Raja batis.
Densité	0,8824	0,9059	0,9320
Indice de réfraction n_D	(19°) 1,4848	(18°) 1,4712	(25°) 1,4811
Pouvoir rotatoire	−3°,16	−4°,15	−3°,36
Indice de saponification	58,5	135,3	183,3
Indice d'iode (Hanus)	282,0	90,0	167,4
Acides gras	43,0	73,0	93,0
Indice de saponification de ces acides	174,7	161,0	191,0
Indice d'iode des acides gras	108,0	92,0	176
Matières insaponifiables	57,0	20,5	2,24

L'étude biologique a été effectuée sur le rat blanc, selon les techniques habituelles, par adjonctions mesurées de ces huiles à des régimes purifiés (régime Randoin-Lecoq, pour la recherche de la vitamine D antirachitique, et régime Simonnet pour la recherche de la vitamine A de croissance). Une bonne huile de foie de morue commerciale, datant de quelques années (1928), a été prise comme terme de comparaison, pour que les résultats obtenus soient autant que possible du même ordre.

L'activité des huiles examinées, ramenée à 100 par rapport à l'huile de foie de morue utilisée, peut être résumée ainsi qu'il suit :

	Scymnus Lichia.	Centrina vulpecula.	Raja batis.
Vitamine A de croissance	90	40	30
Vitamine D antirachitique	40	35	25

Les chiffres ci-dessus sont vraisemblablement entachés d'une légère erreur par défaut sous l'action du vieillissement. En ce qui concerne la vitamine antirachitique, ces huiles se sont montrées plus actives que celle du foie d'un poisson osseux, le Merlu ou Colin (*Merlucius Merluccius* Linné) que nous avons examinée antérieurement (1).

En résumé, les poissons cartilagineux peuvent emmagasiner dans leur foie des quantités de vitamines A et D fort appréciables dont la présence ne paraît d'ailleurs influer en aucune façon sur la nature particulière de leur squelette. Au reste l'existence de formations osseuses telles que dents et plaques dermiques dans leur organisme montre qu'ils sont aptes à élaborer du tissu osseux normalement minéralisé.

(1) Mme Randoin, E. André et R. Lecoq, *Journal Pharm. et Chim.*, 7, 8e série, 1928, p. 529.

Les huiles de foies que nous avons essayées peuvent être rangées par ordre d'activités vitaminiques décroissantes ainsi qu'il suit : *Scymnus Lichia*, *Centrina vulpecula* et *Raja batis*. Nos observations concordent avec les indications thérapeutiques fournies par la Pharmacopée française (édition de 1866), au sujet des huiles de foies de squale et de raie dont l'emploi est autorisé comme succédanés de l'huile de foie de morue.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les glucosides des feuilles de Laurier-Rose.* Note de M. G. **Tanret**, présentée par M. A. Desgrez.

Les glucosides des feuilles de Laurier-Rose (*Nerium Oleander*, Apocynées), entrevus par Lukomski (1861), ont été isolés par Schmiedeberg (1882) : c'est la nériine, soluble dans l'eau et insoluble dans le chloroforme, et l'oléandrine, insoluble dans l'eau et soluble dans le chloroforme. Retrouvée par Leulier dans l'écorce et dans les graines (1912), la nériine fut assimilée à une strophantine et, à cause de son origine botanique, désignée sous le nom de *l*-strophantine. Les recherches suivantes montrent que cette assimilation n'est peut-être pas entièrement justifiée.

Préparation. — Les feuilles, récoltées au cours de l'été, sont traitées par l'alcool, et, après distillation du solvant, précipitées à fond par le sous-acétate de plomb : puis, l'excès de plomb éliminé, on amène le tout en extrait. Celui-ci est alors épuisé par l'acétone qui s'empare des glucosides bruts : on chasse l'acétone et l'on précipite les glucosides, soit par le tanin, soit par les sels neutres : SO^4Mg ou mieux $SO^4(NH^4)^2$. Du précipité de sulfate d'ammoniaque et des glucosides on isole ces derniers par l'alcool absolu : on les purifie par une seconde précipitation aux sels neutres. Les deux glucosides sont alors repris par l'eau qui dissout la nériine : on débarrasse celle-ci de l'oléandrine par des épuisements au chloroforme.

Un kilogramme de feuilles (à 100°) donne environ 5^g de nériine et $0^g,70$ d'oléandrine brute.

Nériine — La nériine se présente sous l'aspect d'une poudre blanc jaunâtre, très amère, non hygrométrique, extrêmement soluble dans l'eau, l'alcool, l'acétone, insoluble dans l'éther, le chloroforme, la benzine. Comme Schmiedeberg, nous n'avons pu l'obtenir cristallisée.

En solution aqueuse ou alcoolique elle a un pouvoir lévogyre : $[\alpha]_D = -32°,5$. Rappelons que la strophantine est dextrogyre : $[\alpha]_D = +30°$ pour la strophantine cristallisée du Kombé, $+20°,6$ pour la strophantine amorphe.

Ses solutions sont neutres au tournesol (celles de strophantine sont légè-

rement acides). Elle a un pouvoir réducteur de 4 pour 100 environ, exprimé en glucose.

La nériine appartient à la classe des glucosides qui, comme ceux de la digitale, précipitent par certains réactifs des alcaloïdes : c'est ainsi qu'en milieu sulfurique elle donne un précipité par l'iodure ioduré de potassium, par l'acide silicotungstique, l'acide phosphotungstique, l'acide phosphomolybdique.

Au contact de SO^4H^2 pur, une goutte d'une solution de nériine à 1/1000e donne une coloration jaune orangé qui vire lentement au rose lilas, coloration rose qu'on obtient immédiatement par oxydation au moyen de vapeurs nitreuses (Leulier) ou de brome. La sensibilité de cette réaction, qui est commune aux strophantines, à l'ouabaïne, est telle qu'on peut déceler la nériine à la dilution de 1/2000e de milligramme. Elle se distingue de la strophantine par l'absence de coloration rose avec la résorcine chlorhydrique (réaction de Richaud), par l'absence de coloration bleue au contact de SO^4H^2 et d'une solution étendue de furfurol (réaction de Pettenkoffer modifiée par Leulier), la coloration allant dans ces deux cas du jaune au brun.

Au cours de la végétation, la nériine subit une oxydation et une hydratation partielles et à la fin de l'automne on n'obtient plus que des échantillons ayant $[\alpha]_D - 22°$ à $- 25°$, et où à l'analyse on trouve un pourcentage de carbone moins élevé que pour la nériine de l'été ($C = 59,55$ au lieu de $62,13$; $H = 8,35$ au lieu de $6,61$).

Hydrolyse. — La nériine, chauffée 2 à 3 heures avec SO^4H^2 à 5 pour 100, se dédouble en donnant une matière brune insoluble, la nérigénine, et une matière soluble sucrée. On a obtenu 48,4 à 53,3 pour 100 de la première, 44,8 à 48,8 pour 100 de la seconde. Il ne se forme pas de produits volatils.

La matière soluble ramenée en extrait et traitée par l'alcool absolu bouillant laisse déposer un sirop qui, sur amorce, cristallise en masse : par son pouvoir rotatoire stable après multarotation, son pouvoir réducteur, son osazone, le sucre obtenu a été identifié au glucose. La strophantine, au contraire, donne par hydrolyse, à côté de la strophantidine, l'éther méthylique du strophantobiose, dédoublable à son tour en une molécule de rhamnose et une molécule de mannose (Feist).

Le glucose est-il le seul produit de dédoublement de la nériine? Après chauffe avec SO^4H^2, le pouvoir rotatoire de la matière soluble est de $[\alpha]_D + 31°,2$ à $31°,8$: par la mesure de son pouvoir réducteur (évalué en glucose) on trouve qu'il serait formé 30 à 32,7 pour 100 de glucose :

comme les produits de dédoublement solubles forment 44,8 à 48,8 pour 100 de la nériine mise en œuvre, on voit que le glucose isolé est accompagné d'un autre corps — sensiblement moitié de son poids — dont le pouvoir rotatoire et le pouvoir réducteur sont moins élevés que ceux du glucose lui-même. Nous ne pouvons jusqu'à présent nous prononcer sur sa nature exacte.

La nériine n'est dédoublable par l'émulsine des amandes qu'avec une extrême lenteur : au bout de cinq mois, 45 pour 100 seulement du glucoside étaient dédoublés. Un peu moins lent est le dédoublement provoqué par le macéré de levure basse et surtout par les ferments de l'*Aspergillus niger :* avec les sucs digestifs de l'Escargot il est au contraire très rapide et est complètement terminé au bout de quatre jours.

La nérigénine obtenue par hydrolyse sulfurique a un pouvoir rotatoire dextrogyre élevé : $[\alpha]_D = +100°$ (solution à 1 pour 100 dans l'alcool à 95°) : celle obtenue par hydrolyse diastasique (suc d'escargot, *Aspergillus niger*) en est au contraire dépourvue. La nériine donne donc deux aglucones différentes suivant son mode de dédoublement.

En dépit des chiffres d'analyse et des résultats de la cryoscopie, l'état amorphe de la nériine, la part d'inconnu (15 pour 100) qui subsiste dans ses produits de dédoublement, interdisent d'essayer pour elle l'établissement d'une formule.

Oléandrine. — L'oléandrine brute telle que nous l'avons préparée — et d'où Tauber et Zellner (1926) ont isolé deux glucosides cristallisés, mais dont le sucre de dédoublement restait indéterminé — est faiblement lévogyre : $[\alpha]_D = -5°$ environ. Par hydrolyse sulfurique elle donne un produit amorphe et un sucre qui a été obtenu cristallisé et identifié en glucose.

En résumé, la nériine du Laurier-Rose (nérioloside) forme une individualité chimique distincte : son pouvoir rotatoire lévogyre, ses réactions de coloration, le glucose qui prend naissance au cours de son dédoublement, la différencient nettement des glucosides des strophantus : à ce titre il semble bon de la désigner et de l'étudier sous le nom que Schmiedeberg lui avait primitivement donné.

MICROBIOLOGIE. — *Culture de formes invisibles du spirochète des poules.* Note de MM. **E. Marchoux** et **V. Chorine**, présentée par M. E. Roux.

Nous avons montré (1) qu'une poule qui a été piquée par des *Argas persicus* et, qui 12 heures après, présente une élévation de température d'un à deux degrés, a dans son sang un virus invisible capable, par inoculation, de donner la spirochétose à des poules qui le reçoivent. Il nous a été permis de voir que cette virulence du sang avant apparition de tout organisme spiralé existait même en l'absence d'indication thermométrique de l'infection.

Il nous a paru intéressant de chercher à obtenir une culture de spirochètes en milieu artificiel, à partir de ce sang vide d'éléments pathogènes perceptibles. A cet effet nous avons étudié et fait étudier la valeur du milieu de culture à employer. Nous sommes ainsi parvenus à obtenir un liquide composé dans lequel les spirochètes vivent et se multiplient sans difficulté. Mais toutes les tentatives faites pour isoler un spirochète du sang virulent et dépourvu d'éléments pathogènes visibles sont demeurées infructueuses. Pendant très longtemps nous nous sommes bornés à rejeter ces tubes où rien ne poussait et à recommencer l'expérience.

Mais dans ces derniers temps, nous avons pensé inoculer le contenu de ces tubes où ni l'examen sur fond noir, ni la coloration par le violet de gentiane, ni la nitratation par la méthode de Fontana ne permettaient de reconnaître la présence d'un micro-organisme quelconque. Notre étonnement fut grand de voir la température de la poule d'expérience s'élever et des spirochètes apparaître au troisième jour dans le sang de cet animal. Les premiers tubes furent repiqués à raison de 3 gouttes pour 5^{cm^3} et le troisième passage, le 5 février, réussit à infecter une poule en 48 heures. Le cinquième passage, le 10 février, provoqua l'apparition de spirochètes dans le sang de la poule inoculée au bout de 39 heures.

Ces éléments ultramicroscopiques ne traversent pas la bougie Chamberland. En général le lavage des globules par l'eau physiologique ou l'eau citratée débarrassent si bien les cellules de toute trace de virus que les poules qui les ont reçues ne présentent, à une seconde inoculation virulente, aucune trace d'immunité.

(1) E. Marchoux et V. Chorine. *Le sang des poules piquées par les Argas est virulent en l'absence de spirochètes apparents.* (*C. R. Soc. Biol.*, 104, 1930. p. 259).

Ainsi un liquide de culture dépourvu d'éléments visibles mais non filtrables est susceptible de donner la spirochétose aux poules qui le reçoivent, et ce liquide paraît augmenter de virulence au fur et à mesure des passages de tube à tube. Il ne peut être question de transport de l'un à l'autre tube des éléments virulents du sérum, car au cinquième passage le matériel d'ensemencement équivalait à 3^{cm^3} de virus répandu dans une masse énorme de liquide.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Le chien réservoir de virus de la fièvre boutonneuse*. Note (¹) de M. **P. Durand**, transmise par M. Ch. Nicolle.

La question du réservoir de virus de la fièvre boutonneuse se posa, au point de vue expérimental, dès que la transmission de la maladie à l'homme eut été démontrée par P. Durand et E. Conseil. Leurs premières recherches ne réussirent pas à mettre en évidence l'infection des chiens parasités, vivant au contact des malades. De nombreuses tentatives, faites ultérieurement à l'Institut Pasteur de Tunis, échouèrent de même.

G. Blanc et J. Caminopetros inoculèrent à de jeunes chiens du sang de malade ou des tiques broyées. Le sang de ces animaux ne se montra jamais virulent, pour l'homme, non plus que des tiques gorgées sur eux. De leurs nombreuses expériences, G. Blanc et J. Caminopetros concluent « que le chien n'est ni sensible ni réceptif au virus de la fièvre boutonneuse et qu'il ne peut jouer un rôle de réservoir pour la conservation du virus et la propagation de la maladie ».

On fut alors conduit, pour expliquer la conservation du virus, à invoquer sa transmission héréditaire chez le parasite (G. Blanc et J. Caminopetros) ou à considérer comme réservoirs certains rongeurs, sensibles à l'infection expérimentale : le spermophile, la souris (G. Blanc et J. Caminopetros), la gerbille, le rat (P. Durand et J. Laigret). La transmission héréditaire joue certainement un rôle important dans la conservation du virus; il est peu probable qu'elle puisse y suffire à elle seule.

L'importance des rongeurs apparaît moins grande quand on observe attentivement le parasitisme des chiens par les tiques. On peut se convaincre alors que la plus grande partie des Rhipicéphales qu'ils portent ont dû se gorger, à tous leurs stades, sur des animaux de cette espèce (présence sur le chien de larves attachées, fréquence dans les chenils d'amas parfois considérables de larves gorgées ou de jeunes nymphes venant de

(¹) Séance du 29 février 1932

muer). Si bien que la plupart des tiques, amenées à l'homme par le voisinage du chien, ont vraisemblablement vécu, depuis des générations, sur l'espèce canine.

Les échecs expérimentaux antérieurs peuvent s'expliquer par la presque impossibilité où se trouve un chien, dans un pays à Rhipicéphales, d'échapper à ce parasite, en dehors des mois les plus froids de l'année; ils s'expliquent aussi par la fréquence extrême du virus chez la tique.

La réceptivité du chien au virus boutonneux est démontrée par l'expérience suivante :

Deux chiens âgés d'un mois et demi à deux mois, nés en hiver et conservés dès leurs premiers jours à l'abri de l'atteinte des Rhipicéphales, sont inoculés sous la peau : l'un avec 90 tiques, l'autre avec 60 tiques lavées et broyées. Il s'agit de *Rhipicephalus sanguineus* mâles et femelles, non gorgés, provenant de la fourrière de Tunis.

Aucun symptôme apparent, aucune élévation thermique ne suivent cette inoculation.

Au bout de 10 jours, on prélève, sur chacun de ces chiens, par ponction veineuse, 25^{cm^3} de sang. Le mélange des deux sangs est citraté et inoculé sous la peau du dément précoce N. V.

Observation. — N. V. conserve pendant onze jours une température subfébrile, due probablement à la toxicité propre au sang de chien. Le 12e jour, ascension thermique à 39° le matin, à 40°,2 le soir, avec céphalée et douleurs articulaires. Quelques éléments éruptifs apparaissent ce jour même. Le lendemain et les jours suivants, l'éruption s'étend et s'affirme avec ses caractères et ses localisations habituels (notamment aux paumes et aux plantes). La fièvre dure 7 jours et l'infection s'achève sans incident.

Le virus boutonneux est donc capable d'évoluer chez le chien *sous forme inapparente*. Le sang de chien, ainsi infecté, se montre d'une virulence au moins égale à celle du sang d'un homme atteint de fièvre boutonneuse.

Les échecs, éprouvés constamment jusqu'ici dans l'étude de la réceptivité du chien à ce virus, n'ont d'autre explication qu'une immunité quasi constante de cet animal en pays à Rhipicéphales, immunité acquise par une infection antérieure.

L'expérimentation sur des chiens, provenant de régions indemnes de Rhipicéphales, en apportera facilement la preuve.

A 16h5m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 8 février 1932.)

Note de M. *G. Nadjakoff*, Sur les formules des trois électromètres à torsion :

Page 547, ligne 12, *au lieu de* $\sum\limits^{\sigma}$, *lire* $\sum\limits^{\mathfrak{S}}$.

Page 549, ligne 15, *au lieu de* $-\partial F_{31}/\partial v = +\partial F_{32}/\partial v = \ldots,$
lire $-\partial F_{31}/\partial \mathfrak{S} = +\partial F_{32}/\partial \mathfrak{S} = \ldots.$

(Séance du 11 janvier 1932.)

Note de M. *N. Aronszajn*, Sur les décompositions des fonctions uniformes :

Page 155, ligne 12, *au lieu de* différents, *lire* différentes; ligne 13, *au lieu de* système, *lire* systèmes.

Page 156, ligne 11, *au lieu de* et $\varphi_2(z)$ resp., *lire* et $\varphi_1(z)$ resp.; ligne 12, *au lieu de* donc si $F_1 F_2 \ldots$, *lire* donc si F_1 et $F_2 \ldots$; ligne 24 (sous le sigma), *au lieu de* $K = 1$, *lire* $k = 1$; ligne 25, *au lieu de* $L_1, \ldots, L'_x$, *lire* $L'_1, \ldots, L'_x$; ligne 35, *au lieu de* plan P_x, *lire* plan P_z.

(Séance du 22 février 1932.)

Note de MM. *F. Vlès* et *A. de Coulon*, Sur une intervention des conditions électrostatiques dans l'apparition de certains cancers spontanés :

Page 750, en note, *lire* la date de présentation de cette Note (1) à l'Académie, qui a été omise :

(1) Séance du 15 février 1932.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 MARS 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 11 mars 1932, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Henri Villat** pour occuper dans la Section de Mécanique la place vacante par le décès de M. *G. Kœnigs*.

Il est donné lecture de ce décret.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur les horloges parlantes destinées à la distribution téléphonique de l'heure.* Note de M. **Ernest Esclangon**.

La connaissance de l'heure exacte est devenue pour le public une nécessité de plus en plus impérieuse. Aussi dans les grandes villes surtout, les services horaires qui ont dû être organisés, se montrent de plus en plus chargés. C'est ainsi qu'à l'Observatoire de Paris, les demandes d'heure par téléphone sont actuellement si nombreuses, que les lignes téléphoniques de cet établissement sont, dans la matinée principalement, presque entièremens bloquées par ce service.

Quand, à la fin de 1929, nous fûmes appelé à la direction de l'Observatoire, il nous apparut qu'une amélioration capitale dans cet ordre d'idées pouvait être réalisée par la substitution d'une méthode entièrement automatique aux indications verbales fournies par un employé préposé à ce service et transmises par téléphone.

Un moyen simple se présentait, c'était la réalisation d'une *horloge par-*

lante, énonçant à intervalles rapprochés (de 10 à 15 secondes) l'heure exacte, cela d'une manière permanente, énonciation pouvant être perçue par transmission téléphonique à tout instant et à la fois par un nombre quelconque de correspondants.

L'emploi de disques phonographiques n'était pas pratique pour un appareil à fonctionnement continu; mais une méthode se prêtait aisément à cette condition de continuité; c'est celle de l'enregistrement photographique de la voix avec transmission *optique* sur cellule photo-électrique, amplification consécutive des courants électriques ainsi engendrés, lesquels sont utilisés directement par les appareils téléphoniques ordinaires et reproduisent la voix enregistrée. C'est, en définitive, la méthode du film parlant.

Il n'y a plus ici ni frottement, ni contact matériel, ni par conséquent usure; l'usage devient indéfini dans sa perfection primitive.

Une énonciation verbale d'heure peut se décomposer en plusieurs parties : des mots ou parties de phrases fixes indépendants de l'heure énoncée; des parties variables, correspondant, soit au nombre d'heures, soit à celui des minutes, soit à celui des secondes. Il suffit, une fois enregistrées ces diverses parties, d'imaginer un mécanisme, *synchronisé par une horloge de précision*, qui les fasse se présenter, pour la reproduction, dans l'ordre voulu et au moment voulu, réalisant ainsi l'énonciation complète. Pour donner enfin toute la précision possible à l'indication verbale, sans nuire cependant à la clarté, il est avantageux de faire suivre l'énonciation parlée de tops courts donnés directement par la pendule directrice et dont l'interprétation correspond à l'indication formulée verbalement.

Plusieurs constructeurs s'offrirent pour étudier et réaliser la mise au point d'horloges parlantes basées sur ces principes directeurs, en utilisant les méthodes photo-électriques, et toutes les indications nécessaires furent données sur les conditions essentielles à réaliser.

Actuellement, deux horloges de ce genre ont été construites. L'une a été étudiée par M. Édouard Belin. L'enregistrement photographique du son est porté par quatre *disques* de verre, tournant à raison de un tour par seconde. Sur chaque disque, l'enregistrement est disposé suivant des cercles concentriques, chaque cercle correspondant à une certaine partie de la phrase complète à prononcer. Devant chaque disque est placé un autre disque métallique percé de fenêtres pouvant découvrir, en livrant passage à un rayon lumineux, tel ou tel de ces cercles d'enregistrement. L'ensemble des quatre disques est combiné pour fournir une énonciation complète de l'heure. Les rayons lumineux ayant traversé à tour de rôle les fenêtres,

tombent sur une même cellule photo-électrique, ce qui assure une parfaite unité d'intensité sonore aux fragments de phrase provenant des divers disques.

L'heure est énoncée quatre fois par minute, mais sous deux formes différentes. A la seconde 10, énonciation de l'heure, la minute et les secondes (seconde 10) suivie d'un comptage net et verbal des secondes suivantes 12, 13, 14, 15.

La seconde 30 est définie d'une manière très précise par trois tops courts, le dernier correspondant exactement à la seconde 30; ces trois tops et leur signification sont annoncés verbalement et chaque fois quelques secondes avant la seconde 30.

A la seconde 40, énoncé analogue à celui de la seconde 10 avec comptage verbal des secondes suivantes 42, 43, 44, 45. La seconde zéro est définie par quatre tops, dont le dernier correspond exactement à la seconde zéro, ces tops et leur signification étant toujours annoncés quelques secondes à l'avance. Ces formes d'énonciation que nous avions soigneusement étudiées réalisent à la fois le maximum de clarté et de précision.

La transmission de trois ou quatre tops, annoncés quelques secondes à l'avance, en provoquant une impression de rythme rapidement saisi et évitant tout effet de surprise, permet sur le dernier top une comparaison précise avec une horloge dont on désire connaître, avec grande exactitude, l'avance ou le retard.

La seconde horloge parlante actuellement réalisée a été étudiée et construite par la maison Brillié sous la direction technique de M. Nimier, assisté de M. Legoff. Le dispositif mécanique est quelque peu différent de celui de la précédente.

L'horloge se compose essentiellement d'un *tambour* tournant d'un mouvement uniforme synchronisé par une pendule de précision. Le tambour porte trois séries d'enregistrements analogues à ceux des films parlants, 24 pour les heures, 60 pour les minutes, 6 pour les secondes.

Parallèlement à l'axe du tambour, se déplacent trois reproducteurs; le premier pour les heures, le second pour les minutes, le troisième pour les secondes; grâce à un jeu de leviers et de cames, chaque reproducteur se trouve, à chaque instant, en face de l'enregistrement correspondant à l'heure à énoncer.

Les reproducteurs utilisent le matériel étudié par les établissements Philips pour les films parlants. Ils comprennent une lampe à filament rectiligne, un objectif qui projette sur l'enregistrement l'image du filament;

la lumière diffusée plus ou moins par les parties plus ou moins sombres de l'enregistrement est reçue par une cellule photo-électrique et une amplificatrice. Une amplification commune à tous les reproducteurs recueille et amplifie le courant fourni à tour de rôle par chacun de ces derniers, et permet l'écoute au téléphone et même en haut parleur.

L'heure est donnée six fois par minute, aux secondes 0, 10, 20, 30, 40, 50; les secondes indiquées sont précisées dans le temps chacune par un top qui suit immédiatement l'énonciation, top donné directement par la pendule directrice synchronisante, ce qui en assure la parfaite exactitude en se prêtant par ailleurs aux comparaisons horaires de précision.

Ces horloges seront installées prochainement à l'Observatoire de Paris et affectées, avec le concours de l'Administration des Postes, à la distribution téléphonique de l'heure au public.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur les propriétés optiques du nitrobenzène en couche mince soumis à une tension électrostatique*. Note de MM. **A. Cotton** et **H. Mouton**.

Le phénomène électro-optique de Kerr suit, comme l'ont montré Abraham et Lemoine, Gutton, Pauthenier et d'autres encore depuis, les variations du champ qui lui donne naissance avec des retards extrêmement faibles, inférieurs au cent-millionième de seconde. On a rencontré des exceptions à cette règle, mais les liquides étudiés n'étaient alors pas homogènes; ils renfermaient des poussières anisotropes dont la présence conférait au liquide des propriétés rappelant celles des liqueurs mixtes [1].

---

[1] Par exemple Leiser avait signalé qu'il n'avait pu faire de mesures de la constante de Kerr du *safrol*, ce liquide présentant toujours des biréfringences rémanentes très gênantes. Or MM. Pauthenier et Barth, étudiant récemment ce composé, n'ont pas rencontré du tout cette difficulté, leur liquide étant sans doute privé de particules en suspension (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 352).

Au cours de ses recherches sur le phénomène de Kerr dans des alcools purs très visqueux, S. C. Sirkar, au laboratoire de C. V. Raman, a observé des faits qui doivent peut-être être rapprochés de ceux que nous signalons ici, et qui eux aussi sont distincts d'après lui de la biréfringence électrique. S. C. Sirkar précise qu'il n'observait ces faits qu'avec des champs oscillants de très haute fréquence. Mais en observant entre nicols croisés une cuve de Kerr ordinaire pleine de nitrobenzène, et soumise soit à une tension alternative à basse fréquence, soit à une tension *constante*, nous avions noté de même des traits brillants indiquant la surface des électrodes et des changements progressifs dans l'intensité lumineuse au voisinage. La disymétrie observée dans le cas d'un champ constant suggère une intervention des ions électrolytiques.

Cependant nous avions fait, il y a longtemps déjà, une expérience qui montre que le nitrobenzène soumis, à la température ordinaire, à une tension électrostatique (alternative), peut dans certaines conditions manifester une biréfringence qui s'établit progressivement lorsqu'on crée la tension indiquée et laisse un résidu au moment où on la supprime. Mais il faut, pour observer ce phénomène, modifier nettement les conditions expérimentales dans lesquelles on se place ordinairement pour observer le phénomène de Kerr. On forme pour cela une cellule mince en appliquant l'une contre l'autre deux lamelles couvre-objet de 2^{cm} de côté. Ces lames entre lesquelles on placera le liquide sont séparées l'une de l'autre par deux bandes très minces d'étain ou de platine ; celles-ci, disposées en prolongement l'une de l'autre, laissent entre leurs côtés en regard et dans la partie centrale des lames un intervalle de 6^{mm} par exemple. Plus longues que les couvre-objets et les dépassant respectivement sur leurs côtés opposés, ces bandes métalliques sont destinées aussi à servir d'électrodes. Des bandes de papier collées sur les bords des lames de verre maintiennent serré l'ensemble de ces lames et des bandes de métal. Il est bon au préalable de superposer aux bandes de métal de minces cales de mica clivé : dans ces conditions l'espace libre entre les lames en leur centre a une épaisseur, de 1 à 2 dixièmes de millimètre, qui est mieux définie.

La cuve mince étant ainsi préparée, on la dispose, sur un support isolant, normalement à un faisceau de lumière monochromatique polarisée à 45° de la direction des bords en regard des bandes de métal. A la suite, on met un quart d'onde et un analyseur à pénombres, comme s'il s'agissait de mesurer une biréfringence de Kerr. On met entre les deux lames une goutte de nitrobenzène qui s'y maintient par capillarité, même si les couvre-objets sont disposés verticalement. On établit alors entre les deux électrodes une différence de potentiel alternative de 2000 à 3000 volts obtenue en élevant la tension du secteur par un transformateur. Une biréfringence s'établit progressivement et paraît se fixer en 2 à 3 minutes, indiquant une sorte de saturation. Les valeurs limites ainsi obtenues, qui semblent correspondre à un état de régime à peu près défini, croissent avec la valeur de la tension appliquée et suivant une loi approximativement parabolique. Les angles β mesurant les biréfringences sont voisins de 10 minutes pour 1000 volts, de 42 et 64 minutes pour 2000 et 2500 volts. On n'observe rien de semblable si l'on ne met pas de nitrobenzène entre les lamelles de verre.

Le phénomène ainsi observé se distingue du phénomène de Kerr proprement dit, non seulement par la lenteur avec laquelle il s'établit, mais par le

fait qu'il faut bien 2 à 3 minutes pour qu'il disparaisse après la suppression du champ. D'autre part la grandeur de la biréfringence constatée est bien supérieure à celle qu'on pourrait attendre d'une couche de nitrobenzène aussi mince placée dans un champ électrostatique uniforme. A vrai dire, dans le cas envisagé, le champ est loin d'être uniforme entre les bandes de métal terminées par des arêtes vives.

Nous nous bornerons à la description de l'expérience : elle va servir en effet de point de départ à des recherches complémentaires qui permettront sans doute d'en préciser l'explication. Si nous publions dès maintenant cette observation, c'est qu'elle montre que, pour observer avec pureté et sans résidu le phénomène de Kerr avec le nitrobenzène, il faut avoir soin d'éloigner des plateaux du condensateur immergé les glaces terminales limitant la cuve de Kerr [1]. Cette remarque a un certain intérêt d'ordre pratique en raison des applications qu'on fait maintenant du phénomène Kerr, notamment dans des appareils de télévision.

GÉOLOGIE SOUS-MARINE. — *Interprétation des dépôts de phosphate de chaux, dragués sur l'Agulhas-Bank, au Sud du Cap de Bonne-Espérance.* Note de M. **L. Cayeux.**

La croisière du *Challenger* (1873-1876) compte à son actif la découverte de concrétions phosphatées dans les sédiments marins qui s'accumulent de nos jours. De tous les points où elle a dragué des nodules de phosphate de chaux, le plus important, et de beaucoup, correspond à l'Agulhas-Bank, au large du Cap de Bonne-Espérance. Le *Challenger*, puis *La Gazelle* et *La Valdivia*, et surtout les dragages exécutés par le Département d'Agriculture du Cap, sous la direction du Dr Gilchrist, y ont mis en évidence un véritable gisement de phosphate de chaux. Cette découverte était d'autant plus instructive qu'elle paraissait devoir éclairer la genèse du phosphate de chaux dans les mers anciennes. En fait, c'est elle qui a toujours été invoquée, lorsqu'il s'est agi d'expliquer le mécanisme de la concentration du phosphate de chaux au cours des temps géologiques.

[1] Nous avions indiqué, sans explications, que cette précaution était nécessaire en décrivant les appareils que nous utilisions (*Annales de Ch. et de Phys.*, 8e série, **20**, 1910, p. 210).

Les travaux de J. Murray et A.-F. Renard (¹), et avant tout les recherches détaillées de M. L.-W. Collet (²), puis une brève analyse de Sir John Murray, en collaboration avec M. E. Philippi (³), ont fait connaître les matériaux dragués dans plusieurs de leurs caractères essentiels.

L'étude d'une série de nodules ramenés de profondeurs comprises entre 88 et 1024ᵐ, que je dois à l'obligeance de M. L. Gill, Directeur du South African Museum du Cap, m'a conduit à une interprétation nouvelle du gisement de l'Agulhas-Bank, fondée sur de nombreuses observations dont je ne retiendrai ici que les principales :

1° Les sédiments qui s'accumulent aujourd'hui sur l'Agulhas-Bank et ses abords sont constitués par des sables verts typiques. En conséquence, si les nodules dragués se rapportent à l'époque actuelle, comme l'admettent J. Murray et A.-F. Renard, puis M. L.-W. Collet, ils doivent refléter l'image du fond sur lequel ils prennent naissance, et, partant, se résoudre en sables verts agglutinés par du phosphate de chaux. Tel n'est pas le cas général, et tant s'en faut. Nombreuses sont les concrétions qui dérivent d'anciens calcaires phosphatés. Et ces calcaires de composition minérale et organique très variée représentent jusqu'à des *vases à Globigérines phosphatisées*.

De plus, une station donnée réunit des nodules procédant de calcaires engendrés dans des conditions extrêmement différentes. Un exemple de cette association, intéressant entre tous, correspond à la station 14355, dite du Cap Saint-Blaize, d'une profondeur de 192ᵐ, qui a fourni des nodules à grands Foraminifères benthiques et Bryozoaires, ainsi que les nodules issus d'une vase à Globigérines. Dans l'impossibilité d'entrer ici dans le détail d'une démonstration, je me borne à formuler deux conclusions :

A. Le gisement de l'Agulhas-Bank est formé pour partie de matériaux tout à fait étrangers aux sables verts sur lesquels ils reposent et, pour tout dire, *remaniés*.

B. L'analyse comparée des sables verts et des matériaux remaniés nous enseigne que *les nodules, empruntés à des roches mères calcaires, dérivent de*

(¹) J. Murray et A. F. Renard, *Deep Sea Deposits* (*Report of the Scientific Results of the exploring Voyage of H. M. S. Challenger*, 1891. *Phosphatic Concretions*, p. 391-400, pl. XX).

(²) L. W. Collet, *Les concrétions phosphatées de l'Agulhas-Bank* (*Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, 25, 1905, p. 862-893); *Ibid.*, *Les dépôts marins*, 1908. *Les concrétions phosphatées*, p. 194-213.

(³) Sir John Murray et Prof. E. Philippi, *Die Grundproben der « Deutschen Tiefsee-Expedition 1898-1899 »*, 20, 1908, p. 181-187, pl. XXII.

dépôts qui ont pris naissance à des profondeurs plus grandes que celles où ils ont été trouvés. Et, pour tout dire, *on a dragué des matériaux d'origine pélagique dans un sédiment terrigène.*

2° A la notion de *remaniement sous-marin*, s'en ajoute une autre, également formulée pour la première fois en ce qui concerne les fonds actuels, je veux parler d'un *ravinement sous-marin* particulièrement instructif. Un nodule, dragué à 304^m (station Vasco de Gama), est composé de deux roches foncièrement distinctes; l'une est un calcaire phosphaté à Foraminifères et Bryozoaires, tandis que l'autre réalise tous les caractères d'un sable vert typique dont les éléments sont cimentés par du phosphate de chaux. Observons que le passage d'une roche à l'autre se fait de façon brusque et que pas un seul élément du calcaire phosphaté ne franchit la ligne de suture. Le calcaire et le sable vert phosphaté sont effectivement séparés par une surface de ravinement qu'on ne saurait imaginer plus nette, et leurs rapports sont tels que c'est indubitablement le calcaire qui a été raviné. L'échantillon, en question, détaché au contact même des deux formations sous-marines, a enregistré une véritable rupture d'équilibre, laquelle a superposé un sédiment terrigène à un calcaire de haute mer.

Ces observations prouvent à l'évidence que la région a été le théâtre d'importants changements bathymétriques. Tout démontre l'intervention d'un mouvement d'exhaussement de grande amplitude — se confondant ou non avec un mouvement négatif — lequel a relevé des fonds calcaires de types variés allant jusqu'aux vases à Globigérines. Ce mouvement, qui a mis fin au dépôt des calcaires et inauguré la formation des sables verts, a provoqué des phénomènes d'érosion, d'arrachement, d'entraînement et de brassage de matériaux. La phosphatisation rentre dans ce complexe de phénomènes, dont nous retrouverons l'équivalent en étudiant les phosphates sédimentaires anciens, toujours en liaison étroite avec la manifestation de grandes perturbations sous-marines.

A la lumière de ces faits, qui ne sont pas les seuls à témoigner dans le même sens, il est de toute évidence que la genèse des nodules phosphatés de l'Agulhas-Bank sort des limites des temps modernes. La vérité est que *le gisement sous-marin de l'Agulhas-Bank constitue en quelque sorte le dernier terme de l'importante succession de dépôts phosphatés qui s'échelonnent presque d'un bout à l'autre des temps géologiques.*

Les données manquent pour lui assigner un âge même approximatif. A mon avis, son origine remonte au moins au Pléistocène, et il se peut qu'elle se réclame de l'époque tertiaire. Sir John Murray, modifiant son opinion

première, qui faisait rentrer ces phosphates dans les dépôts actuels, a conclu avec E. Philippi, sans motiver sa nouvelle orientation, qu'ils datent au plus du Tertiaire récent.

Quoi qu'il en soit, il est aujourd'hui avéré que le gisement de l'Agulhas-Bank ne peut éclairer en rien la formation des phosphates de la série sédimentaire ancienne. A l'inverse de ce qu'on pouvait supposer, ce gisement n'est intelligible qu'après avoir étudié les phosphates de chaux secondaires et tertiaires.

Pareil résultat, tout négatif qu'il est, ne doit pas détourner notre attention d'un fait d'importance. C'est qu'il est possible, grâce aux matériaux dragués par le département d'Agriculture du Cap, d'entreprendre pour la première fois, une étude de géologie sous-marine, appliquée, non à une mer intérieure et de faible profondeur comme la Manche, mais à des fonds sous-océaniques, voire même à d'anciens sédiments de haute mer.

Le gisement de l'Agulhas-Bank, une fois rejeté dans le passé, on est tout naturellement amené à se demander s'il existe réellement des nodules phosphatés de formation actuelle. A vrai dire, les très rares documents fournis sur les nodules dragués dans l'Océan Atlantique, par exemple, sont loin de suffire pour dissiper tous les doutes qu'il est maintenant légitime de concevoir à ce sujet. Bref, la formation de concrétions phosphatées à l'époque actuelle ne me paraît pas démontrée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode générale de condensation des cétones.* Note [1] de MM. **V. Grignard** et **J. Colonge**.

La condensation des cétones a exercé depuis longtemps l'activité des chimistes. Cependant, jusqu'à ces dernières années, les méthodes employées se heurtaient toutes à la même difficulté : la condensation n'était réalisable que sur les cétones en $-CH^2-CO-CH^3$ ou $Ar-CO-CH^3$. Un premier pas en avant fut réalisé par Grignard et Fluchaire [2] qui montrèrent qu'avec les alcoolates magnésiens mixtes, il était possible de condenser des cétones comme la diéthyl-, la dipropylcétone, et aussi la méthyl sec-butylcétone (Grignard et Colonge). On obtenait ainsi le cétol, mais les rendements étaient médiocres et paraissaient s'abaisser très vite quand le nombre des atomes de carbone augmentait.

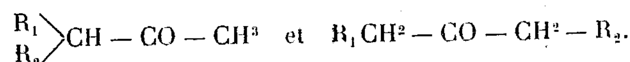
(1) Séance du 7 mars 1932.

(2) *Ann. Chim.*, 9, 1928, p. 5.

Grignard et Colonge ([1]) reconnurent ensuite qu'en employant, au lieu de l'acide chlorhydrique, l'acide bromhydrique ou l'acide iodhydrique gazeux et secs, le domaine de la condensation n'était peut-être pas très élargi, mais les rendements étaient notablement améliorés. C'est ainsi que, sans tenir compte de la cétone récupérable, ils obtinrent, par l'emploi de l'acide bromhydrique, les coefficients de transformation suivants : avec la méthyl sec-butylcétone 40 pour 100, avec la butyrone 26 pour 100, avec la propiophénone 22 pour 100.

Mais ici l'agent de condensation est notablement plus énergique que dans la méthode précédente et l'on obtient directement la cétone éthylénique, sans arrêt au cétol.

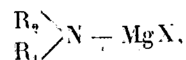
Ces deux méthodes, et surtout la seconde, furent étudiées par J. Colonge ([2]) et la conclusion fut qu'un notable progrès était, dès lors, réalisé puisque la condensation était devenue possible, pratiquement, pour toutes les cétones de formules générales :



$$\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>CH-CO-CH^3 \quad\text{et}\quad R_1CH^2-CO-CH^2-R_2.$$

Certaines réactions secondaires observées par d'autres auteurs, au cours de réactions magnésiennes sur les amides, nous avaient donné à penser qu'elles pouvaient être provoquées par l'amino-magnésien qui prend naissance.

Or, depuis leur découverte par L. Meunier ([3]), les amino-magnésiens de formule générale



$$\begin{matrix}R_2\\R_1\end{matrix}\!\!>N-MgX,$$

dans laquelle R_1 et R_2 peuvent être de l'hydrogène ou des radicaux hydrocarbonés monovalents), n'ont fait l'objet que d'un petit nombre d'applications : préparation d'amides par action sur les éthers-sels ([4]), d'imines par action sur les aldéhydes ([5]), d'acides aminés nucléaires par carbonatation et transposition ultérieure ([6]), de divers produits azotés (hydrobenzamide, diméthylpyrrol) par réaction sur le benzaldéhyde et sur l'acétylacétone ([7]).

([1]) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1349.

([2]) *Thèse d'Univ.*, Lyon, 1930.

([3]) *Bull. Soc. chim.*, 29, 1903, p. 314.

([4]) Bodroux, *Bull. Soc. chim.*, 35, 1906, p. 519; Tschelinzeff et M. Vychinskaia, *J. Soc. Ch. R.*, 36, 1904, p. 1561.

([5]) Tschelinzeff et M. Alexandrowa, *J. Soc. Ch. R.*, 36, 1904, p. 1558.

([6]) Houben, *Ber. d. Ch. Ges.*, 37, 1904, p. 3978.

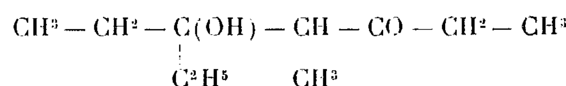
([7]) Oddo et Calderaro, *Gazz. Chim. ital.*, 53, 1923, p. 64.

Nous avons songé à les étudier comme agents de condensation. Et le succès paraît répondre largement à cette tentative. En utilisant, en effet, le dérivé magnésien mixte de l'aniline, le seul étudié jusqu'à présent, nous avons pu condenser, non seulement les cétones en $— CH^2 — CO — CH^2 —$ et en $\diagdown CH — CO — CH^3$, mais encore la pinacoline qui avait absolument résisté, jusqu'à maintenant, à toutes les tentatives.

Voici le mode opératoire que nous avons suivi : On prépare, avec léger excès, 1/3 mol de bromure d'éthyle-magnésium, dans 120^{cm^3} d'éther anhydre, et l'on y introduit peu à peu une solution de 31^g d'aniline (1/3 mol) dans 100^{cm^3} de benzène sec. On obtient une liqueur limpide que l'on fait tomber goutte à goutte dans 2/3 mol de cétone, dilués dans 50^{cm^3} de benzène. En même temps on agite mécaniquement et l'on maintient la température vers 15°. Après une heure de repos, la masse réactionnelle est décomposée par l'acide chlorhydrique dilué; la couche éthéro-benzénique est décantée, neutralisée et séchée, enfin rectifiée, sous pression réduite, pour isoler le cétol.

Nous n'avons encore obtenu qu'un petit nombre de résultats, mais ils sont suffisamment suggestifs; les voici :

Avec la *diéthylcétone*, le cétol doit, d'après les règles déjà connues, avoir la constitution



$$CH^3 — CH^2 — C(OH)(C^2H^5) — CH(CH^3) — CO — CH^2 — CH^3$$

C'est la *méthyl-4 éthyl-3 heptanolone-3-5*; liquide incolore, très peu odorant, bouillant à 101-102°, sous 16^{mm}, et à 68-69°, sous 3^{mm}. Rendement 60 pour 100.

Analyse.

Trouvé	C = 69,3	H = 11,8
Calculé pour $C^{10}H^{20}O^2$	C = 69,76	H = 11,62

$$d_4^{20,5} = 0,926; \quad n_D^{20,5} = 1,4435 \text{ (}^1\text{)}.$$

Avec la *dipropylcétone*, on obtient de même l'*éthyl-5 propyl-4 nonanolone-4-6*, liquide jaune clair, dont l'odeur rappelle la butyrone et qui bout à 135-137°, sous 16^{mm}, et à 104-105°, sous 3^{mm}. Rendement 45 pour 100.

---

(1) Nos constantes sont quelque peu différentes de celles de Grignard et Fluchaire (*loc. cit.*), qui avaient trouvé pour le même corps, obtenu en condensant avec le butylate bromo-magnésien,

$$Eb_{14} = 105°; \quad d_4^{18} = 0,9175, \quad n_D^{18} = 1,4435.$$

Analyse.

Trouvé	C = 73,3	H = 12,5
Calculé pour $C^{14}H^{28}O^2$	C = 73,68	H = 12,28

$d_4^{23} = 0,894$; $n_D^{23} = 1,4459$.

Ce cétol n'avait pas été préparé par Grignard et Fluchaire, qui ne purent isoler que la cétone éthylénique correspondante, et avec un rendement très faible.

La *méthylisopropylcétone* a donné la *triméthyl*-2-3-6 *heptanolone*-3-5, avec un rendement de 35 pour 100. C'est un liquide peu odorant, bouillant à 97-98°, sous 16mm, et qui possède une densité $d_4^{18} = 0,909$.

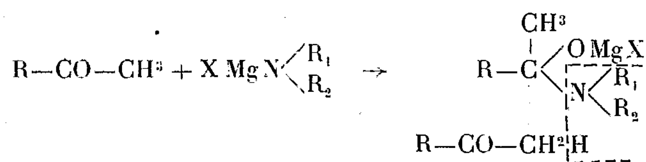
Enfin la *méthyltertiobutylcétone* (picanoline) a engendré par le même mécanisme la *pentaméthyl*-2-2-3-6-6 *heptanolone*-3-5, liquide incolore, d'odeur aromatique faible, bouillant à 103-105°, sous 15mm. Rendement 68 pour 100.

Analyse.

Trouvé	C = 71,5	H = 12,4
Calculé pour $C^{12}H^{24}O^2$	C = 72	H = 12

Lss rendements indiqués correspondent au produit isolé, sans tenir compte de la cétone non condensée qui serait certainement récupérable, avec quelques précautions, car on ne trouve aucun produit supérieur.

Le mécanisme de cette réaction n'a pas encore été étudié spécialement, mais il est vraisemblablement le suivant :



Et il est probable que l'amine qui se sépare n'est pas capable de reprendre MgX au cétolate, autrement l'amino-magnésien fonctionnerait comme catalyseur, ce qui n'est pas le cas.

Nous nous réservons de faire une étude approfondie de cette méthode; d'examiner, en particulier, l'influence de la nature et de la classe de l'amine (nous avons déjà reconnu que le bromomagnésien de la méthylaniline paraît donner de meilleurs rendements que celui de la base primaire, 60 pour 100 avec la méthyléthylcétone); et l'influence de l'halogène du magnésien qui est très manifeste dans le cas des alcoolates magnésiens (Grignard et Flu-

chaire). Nous avons également à examiner les différents types de cétones qui ne figurent pas tous dans l'étude précédente. Celle-ci suffit cependant à montrer que nous avons en mains une méthode très générale de condensation des cétones sur elles-mêmes.

Nous nous proposons encore de l'étudier sur des mélanges de cétones, ainsi que sur les aldéhydes, seuls ou avec les cétones.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La feuille peut-elle accepter une surcharge d'aliment minéral sans profit pour le développement du végétal?* Note de MM. **Henri Lagatu** et **Louis Maume**.

La terre de Malbosc, au nord de Saint-Pons (Hérault) dans les Cévennes, terre de schiste séririteux granulitisé, profonde, légère, humifère, acide (pH = 5,5) est, ainsi que le climat, naturellement propice au développement de la pomme de terre, puisque, dans un champ d'expériences de 36 parcelles, la moins bonne parcelle, un témoin sans engrais, a donné en 1929, avec la variété Royal Kidney, un rendement en tubercules frais de $1^{kg},450$ par plant; la plantation correspondant à 30000 plants à l'hectare, le rendement par hectare y a donc été de 43500^{kg}.

Une des meilleures parcelles, ayant reçu exclusivement par hectare 134^{kg} d'azote du sulfate d'ammoniaque, a atteint le rendement de $1^{kg},930$ par plant, soit 57900^{kg} par hectare. On voit sur notre graphique, pour cette parcelle n° 18 (N), aux époques successives d'échantillonnage, d'une part le poids à l'état frais de la partie aérienne et des tubercules, et d'autre part le diagnostic foliaire, c'est-à-dire les teneurs en potasse, chaux, azote et acide phosphorique pour 100 de la matière sèche de l'ensemble des deux feuilles inférieures des rameaux directement issus du tubercule-mère.

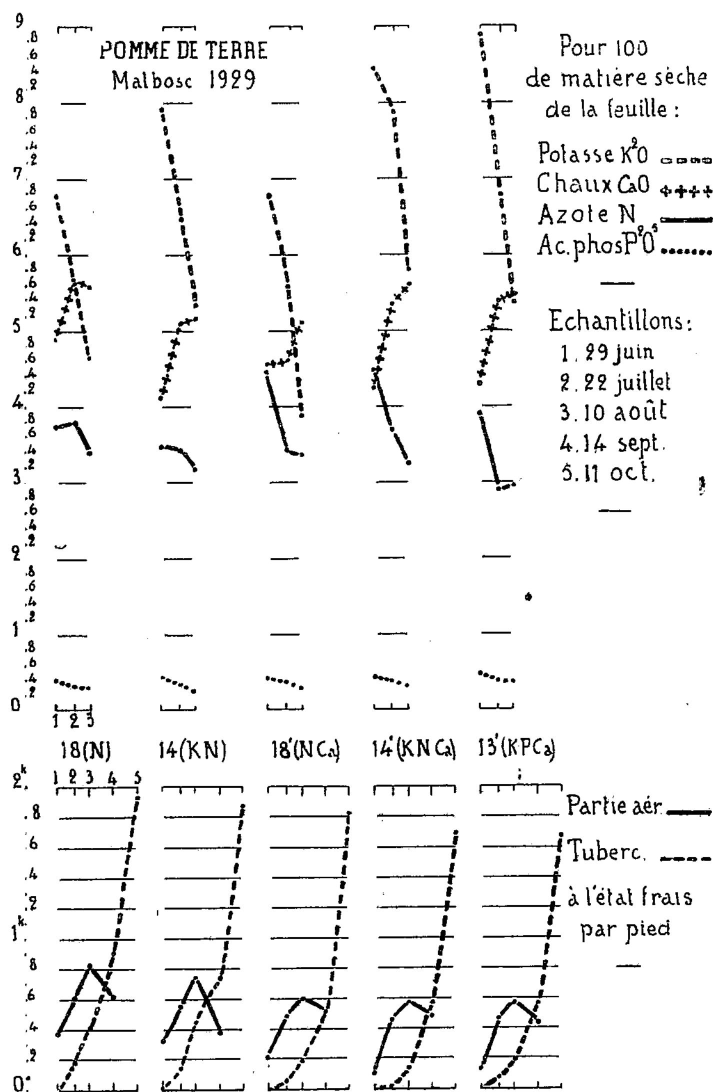
La production très élevée de cette parcelle n° 18 (N) nous autorise à dire que son diagnostic foliaire correspond à une alimentation suffisante.

La parcelle n° 14 (KN), qui a reçu à la fois 134^{kg} d'azote ammoniacal et 200^{kg} de potasse du chlorure, nous montre, en comparaison avec la parcelle n° 18 (N), que la teneur de la feuille en potasse a, par contrainte de l'engrais potassique, été accrue suivant l'âge de $1^{g},25$, $0^{g},83$, $0^{g},70$ pour 100^{g} de matière sèche. Mais le développement n'en a tiré aucun profit; il est même légèrement inférieur; et le rendement descend de $1^{kg},930$ à $1^{kg},875$.

Dans la partie du même terrain qui a été chaulée à raison de 2000^{kg} de

chaux à l'hectare, les graphiques montrent un rapport analogue entre la parcelle n° 18′ (N Ca) et la parcelle n° 14′ (KN Ca).

Dans la parcelle n° 13′ (KP Ca), ayant en terre chaulée reçu à la fois



200^{kg} de potasse et 67^{kg} d'acide phosphorique du superphosphate, mais pas d'azote, la feuille présente, au début de la végétation, une teneur 8,89 dépassant davantage encore la teneur 6,77 de la feuille de la parcelle

n° 18 (N). Or la parcelle n° 13′ (KPCa) a donné un rendement encore moins élevé, 1^kg,675.

Il est donc établi que la feuille de la pomme de terre peut accepter une surcharge très notable de potasse sans profit pour le développement de la plante.

A vrai dire, cette surcharge n'est pas seulement inutile : elle fait fléchir le développement et le rendement. Mais, s'ajoutant à l'excellent équilibre alimentaire observé dans la parcelle n° 18 (N), elle n'empêche pas que le développement de la plante soit encore satisfaisant; cette surcharge potassique n'est pas exigée, mais elle est tolérée par la plante sans grand dommage. Nous exprimerons ce fait important en disant que le végétal possède un *pouvoir-tampon* à l'égard de certains excès d'aliments minéraux. Nous venons de mesurer une amplitude considérable de ce pouvoir-tampon chez la pomme de terre : sans cesser d'être productive, elle a accepté dans sa jeune feuille une surcharge en potasse de $8^{g},89 - 6^{g},77 = 2^{g},12$ pour 100^{g} de matière sèche.

Ainsi s'explique le succès habituel des fortes fumures complètes en dépit de leur composition hasardeuse, parce qu'au risque-carence des fumures incomplètes ou faibles elles substituent le risque-excès, que couvre le pouvoir-tampon du végétal.

En ce qui concerne le diagnostic foliaire, les expériences que nous venons de relater indiquent un point essentiel, à savoir que la teneur d'une feuille n'est pas nécessairement meilleure qu'une autre par le seul fait qu'elle lui est supérieure. La feuille peut s'écarter de l'optimum alimentaire aussi bien par excès que par défaut; toute la substance minérale entrée dans un organe végétal ne correspond pas nécessairement, telle quelle, à un besoin physiologique de cet organe.

Un Mémoire détaillé, contenant une plus ample documentation, sera prochainement publié dans un autre Recueil.

RAPPORTS.

De la vérification du décès par une épreuve médico-scientifique nettement affirmative de la certitude de la mort. Rapport présenté par M. **Louis Lapicque**, au nom de la Commission nommée par l'Académie.

Par lettre en date du 24 octobre 1931, M. le Ministre de la Santé publique consultait l'Académie sur une question posée de la façon suivante par une résolution de la Chambre des Députés en date du 4 février 1931.

« La Chambre invite le Gouvernement à réglementer après avis de l'Académie de Médecine et de l'Académie des Sciences, la vérification des décès par une épreuve médico-scientifique nettement affirmative de la certitude de la mort, dans le but de restreindre le plus possible le nombre des inhumations en état de mort apparente. »

Dans la séance du 3 novembre 1931, l'Académie a chargé de l'examen de cette question une Commission composée de MM. A. d'Arsonval, Ch. Richet, Éd. Quénu, P. Bazy, H. Vincent, Ch. Achard et L. Lapicque, qui, après diverses délibérations, a adopté le rapport suivant :

C'est une question qui est loin d'être nouvelle, et à laquelle il convient de répondre une fois de plus qu'elle n'est point si simple théoriquement, ni, heureusement, si importante pratiquement.

La préoccupation de « restreindre le plus possible le nombre des inhumations en état de mort apparente » laisserait supposer que de tels cas, évidemment douloureux à imaginer, se produisent assez fréquemment. Et en effet, dans l'exposé des motifs, les auteurs de la proposition font allusion aux nombreux cas d'inhumation prématurée qui auraient été constatés. Il convient d'abord de rassurer l'opinion publique à cet égard; après le Conseil de Salubrité du département de la Seine, en 1866, dans un rapport consécutif à une délibération du Sénat semblable à la présente résolution de la Chambre, après l'étude magistrale de Brouardel publiée en 1895, il faut répéter qu'il s'agit d'une légende, et que les exemples traditionnels souvent invoqués sont, ou bien entièrement controuvés, ou bien inexactement interprétés. Tel est encore l'avis auquel vient de se ranger l'Académie de Médecine, après un rapport du Dr Balthazard, titulaire de la chaire de Médecine légale de Paris, donc d'une compétence particulière, comme son prédéces-

seur Brouardel. Le Dr Balthazard rappelle notamment que, dans les *Obitoria*, dépôts mortuaires créés en Allemagne il y a un siècle et demi, au moment où semble avoir débuté la phobie de l'inhumation prématurée qui depuis lors reparaît périodiquement malgré toutes les critiques, jamais on n'a constaté un seul cas de réveil parmi les corps qui y sont mis en observation pendant 48 heures.

Il est un fait banal, dont la constatation occasionnelle vient de temps en temps frapper l'imagination et rajeunir la légende : lors d'une exhumation peu éloignée de l'enterrement, à l'ouverture de la bière, on constate que le corps a changé de position ; des témoins ignorants y voient irrésistiblement la preuve que l'enseveli a repris vie dans sa tombe et s'est débattu contre l'horrible claustration avant d'y périr lamentablement. Mais tous les cadavres bougent et pendant assez longtemps. Ceux d'entre nous qui ont fait la guerre dans les tranchées n'ont eu que trop le spectacle de camarades ou d'ennemis morts, hélas, et bien morts, tombés entre les lignes sans qu'on puisse aller les chercher, inertes un jour, puis soulevant lentement leurs bras comme pour les croiser, ou même, s'ils étaient face à terre, soulevant tout leur corps par la même contraction insidieuse et puissante. Pire encore, des cadavres enfouis dans les parapets depuis huit jours ou plus, faisant ressurgir un membre à travers la mince couche de terre qui les recouvrait. Il ne s'agit que de la rigidité cadavérique d'abord, avec une certaine asymétrie dans la tension des muscles antagonistes, ensuite de la pression des gaz dégagée dans l'enveloppe cutanée par des fermentations putrides. Deux signes certains de la mort, qui simulent le mouvement, signe de la vie ! Chaque jour, les mêmes phénomènes pourraient être observés, à une moindre échelle, par les familles qui veillent leurs morts, si, d'une part, les rites funéraires ne les dissimulaient autant que possible, et si, d'autre part, une sorte de pudeur très respectable n'en détournait systématiquement l'attention. Le mort doit rester dans une immobilité hiératique. Si alors on le retrouve contorsionné dans son cercueil, on imagine un atroce drame souterrain, on réclame des mesures contre les inhumations prématurées, et notamment, une épreuve scientifique nettement affirmative de la mort.

Disons d'abord, nous associant aux conclusions que l'Académie de Médecine vient de prendre sur son terrain propre : 1° que presque toujours « le diagnostic médical de la mort est facile » ; 2° que la réglementation actuelle prescrit ce diagnostic.

Pour la quasi-totalité des cas, il ne se pose donc aucune question ni

scientifique ni législative. Dès 1874, l'Académie de Médecine pouvait dire : « Les signes de la mort sont assez certains pour que toute erreur soit impossible, si l'on généralise la vérification des décès par un médecin », ajoutant, il est vrai, correctif qu'elle seule pouvait se permettre : « et si le médecin est suffisamment apte à faire ce diagnostic ».

Pour ce diagnostic médical et ses conditions pratiques, l'Académie des Sciences ne peut que renvoyer au rapport approuvé par l'Académie de Médecine.

Restent pourtant des cas exceptionnels où le diagnostic peut être hésitant et où le médecin devra recourir à des épreuves spéciales, dites *scientifiques* parce qu'elles ne sont pas d'usage courant en médecine.

On s'est déjà beaucoup occupé de constituer des épreuves de ce genre et le Dr Balthazard dans son rapport en énumère six : signe de Bouchut, signe de Josat, signe de Middeldorf, puis avec une préférence pour les trois derniers : signe d'Ambard et Brisemoret, signe de Rebouillat, signe d'Icard, qu'il approuve avec quelque réserve; il aurait pu en ajouter d'autres qui sont mentionnés et discutés dans Brouardel; il les néglige pour s'en tenir à la conclusion suivante : « Malgré tout, le meilleur signe de la mort, celui qui donne les résultats les plus sûrs et les plus rapides consiste dans l'ouverture de l'artère radiale (au poignet). Il suffira de se munir de pinces pour arrêter l'hémorragie au cas où l'on serait en présence d'un individu en état de mort apparente ». Cette conclusion implique un certain scepticisme vis-à-vis des signes moins sanglants. Il convient néanmoins de reconnaître que ces divers signes, dont la plupart sont fort ingénieux, reposent sur des connaissances physiologiques pénétrantes et sont capables de rendre de réels services.

Rebouillat injecte, avec une seringue de Pravaz, de l'éther sous la peau; le tissu cellulaire vivant se referme quand on retire l'aiguille et l'éther demeure au lieu de l'injection; sur un cadavre, le passage reste ouvert et l'éther reflue. Icard injecte une solution de fluorescéine sous la peau, mieux, dans une veine. Si la circulation persiste, la coloration jaune apparaît dans l'œil, plus ou moins rapidement, suivant que la circulation est restée plus ou moins active; après deux ou trois heures, un résultat négatif est un signe certain de la mort.

Ambard et Brisemoret prélèvent avec un trocard spécial un fragment de foie ou de rate; légèrement alcalins pendant la vie, ces tissus s'acidifient rapidement après la mort; un simple essai au tournesol permet donc le diagnostic.

Théoriquement, ce signe paraît le plus sûr. Il définit la mort par une propriété cellulaire essentielle, non par la persistance d'une fonction plus ou moins complexe, plus ou moins indirecte, comme les deux précédentes. Mais le prélèvement des échantillons constitue une opération, peu grave évidemment si elle est pratiquée avec une bonne asepsie, mais redoutable si elle faite sans précaution sur un vivant qu'on a cru mort. Ce que demandent les intéressés, soit les familles, soit le *de cujus* redoutant pendant sa vie l'inhumation prématurée, ce qu'on demande pour eux, c'est bien qu'on ne les enterre pas sans s'être assuré qu'ils sont morts, mais c'est aussi qu'on ne leur inflige pas une blessure dangereuse s'ils tombent en état de mort apparente.

Or on pourrait, avec une intervention relativement bénigne, obtenir une information du même ordre que celle d'Ambard et Brisemoret par une épreuve électrique. Tous les tissus vivants offrent une grande résistance au passage du courant électrique; cette résistance n'est pas simple de nature, et ne peut s'exprimer en ohms que d'une façon conventionnelle. Elle se constitue essentiellement par la polarisation dont s'entoure chaque cellule vivante, polarisation qui cesse à l'instant même de la mort. Quoi qu'il en soit elle se mesure très facilement par la méthode classique de Kohlrausch, un téléphone intercalé dans un pont de Wheatstone servant d'appareil de zéro pour le courant alternatif fourni par une bobine d'induction à trembleur rapide. On peut concevoir un très petit appareil facile à stériliser, et qui, fiché dans un endroit du corps à déterminer, ne serait pas plus redoutable que deux piqûres d'aiguille de Pravaz; L'intercalation d'un tel dispositif dans le circuit de Kohlrausch doit indiquer pour un tissu mort, même sans tenir compte de la différence de température, une résistance beaucoup moindre que pour le même tissu vivant.

Mais, sans parler des causes d'erreur accidentelles toujours possibles, il ne faut pas manquer de rappeler que la mort dont il est question ici est celle des tissus qu'on interroge. Ce n'est pas la mort de l'individu. Quand il s'agit d'un organisme entier, la notion de mort n'a pas de sens au point de vue de la physiologie. Dans le corps d'un supplicié, au moment même où l'on vient de lui couper la tête, rien n'est mort. Le cerveau lui-même n'est qu'engourdi par le choc. Tout va mourir peu à peu, organe par organe, cellule par cellule, parce que dans un organisme évolué comme celui de l'homme, la vie de chaque détail dépend de grandes fonctions essentielles, circulation, respiration, qui sont assurées par une coordination de l'ensemble. Si nous pouvons dès la décollation dire que le décapité

est mort, c'est seulement suivant la remarque profonde de mon Maître Dastre, un *pronostic!* la mort est assurée; elle se réalise progressivement; l'appareil électrique pourra l'annoncer quand elle passera entre ses deux pointes; mais pendant un certain temps, l'épreuve sur le guillotiné répondrait encore : *tissu vivant.*

Nous en revenons au point de vue de l'Académie de Médecine; toute épreuve scientifique de la mort demandant à être interprétée, il faut un médecin. Les règlements publics, d'ailleurs, prescrivent depuis 1866 (Circulaire du Ministre de l'Intérieur Valette, complétant l'article 77 du Code) que des Médecins assermentés, désignés par les Maires pour chaque commune, devront constater tous les décès. Abstraitement, c'est une bonne mesure, l'idéal étant que, suivant une formule de Josat citée par Brouardel, « toute personne décédée soit présumée vivante jusqu'à ce que la vérification du décès ait été faite ». Pratiquement, ce n'est guère applicable dans les campagnes et ce n'y est pas appliqué : ce n'est même pas appliqué dans toutes les grandes villes. Un procédé automatique à la portée du premier venu pouvant ainsi remplacer le médecin ne paraît pas concevable; même, pour certains procédés, il faudrait non seulement un médecin, mais un spécialiste. En 1874, le Marquis d'Ourche avait, par voie testamentaire offert un prix de 20000^{fr} pour l'*Inventeur d'un signe de mort qui soit à la portée d'un pauvre villageois sans instruction.* Malgré la mise en ligne de plus de cent concurrents, l'Académie de Médecine ne put décerner le prix.

Répétons que les cas douteux sont infiniment rares. Tout au moins, il est infiniment rare qu'un cas resté douteux pendant quelque temps, comme dans l'inhibition que peuvent produire l'électrocution, la strangulation, la submersion et diverses autres causes, ne soit pas passé par cela même à la certitude fatale. Mais la phobie de l'inhumation prématurée est moins rare. Les personnes qui en sont atteintes pourraient, par précaution, s'assurer l'intervention d'un tel spécialiste.

Conclusions. — 1° Il n'y a pas de raison de supposer que dans les conditions actuelles en France, l'inhumation d'une personne encore vivante offre une probabilité différant pratiquement de zéro.

2° Il existe un grand nombre de signes certains de la mort, dont les plus banalement connus, fût-ce un début de putréfaction, suffisent à la quasi-unanimité des cas; pour les cas douteux, l'intervention d'un Médecin est toujours nécessaire.

3° On connaît toute une série d'épreuves spéciales bien significatives dont ce Médecin peut se servir quand les signes ordinaires ne lui paraissent

pas suffisants ; on peut en imaginer d'autres ; ce seront toujours des éléments de diagnostic, jamais une preuve automatique permettant de trancher les cas douteux sans interprétation par un homme de l'art.

4° La règlementation actuelle est déjà supérieure, sinon à la sécurité qui ne saurait être trop grande, du moins aux possibilités d'application. Le progrès désirable consisterait à l'appliquer de plus en plus largement.

5° Les personnes redoutant l'inhumation prématurée peuvent toujours, à titre privé, prendre des mesures pour faire exécuter avant la mise en bière une ou plusieurs des épreuves spéciales vérifiant la réalité de la mort.

Les conclusions de ce rapport sont adoptées à l'unanimité.

COMMISSIONS.

M. **Émile Picard** est désigné pour remplacer, dans la Commission du prix Volney, M. *G. Bigourdan* décédé.

NOMINATIONS.

MM. **Maurice Caullery**, **François Gonnessiat**, **René Maire** et **Edmond Sergent** sont désignés pour représenter l'Académie à l'inauguration d'une plaque commémorative sur la maison d'*Émile Maupas*, à Alger, le 6 avril 1932.

ÉLECTIONS.

M. **Jean Cantacuzène** est élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie par 41 suffrages contre 4 à M. *Giuseppe Sanarelli* et 2 à M. *Stephan Jellinek*.

M. **Émile Guyénot** est élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie par 40 suffrages contre 3 à M. *Louis Mercier*, 1 à M. *Louis Boutan*, 1 à M. *Edouard Chatton* et 1 à M. *Albert Policard*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Exposition coloniale internationale, Paris, 1931. Indochine française. *Section des Sciences.* Service météorologique. *Atlas*, publié sous la direction de E. Bruzon.

2° *Étude de l'Adrénaline des Surrénales*, par Marcel-Victor Paget.

3° *Atlas du spectre d'arc du fer*, par Robert Bossuet et Pierre Montagne. (Présenté par M. A. Cotton.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Remarques sur les logarithmes.* Note de M. **Jean Mascart**, présentée par M. Émile Borel.

L'étude statistique des petites planètes, que je poursuis depuis trente-cinq ans, conduit assez rapidement à deux difficultés opposées. Si l'on utilise un seul élément, on remarque aussitôt la présence de divers sous-groupes; mais, malgré l'existence d'un millier d'astéroïdes, les sous-groupes ne sont plus assez nombreux pour appliquer les lois ordinaires relatives aux grands nombres; si, par contre, on cherche des combinaisons d'éléments, combinaisons qui se montrent fécondes, on se heurte à un travail matériel assez décourageant. En un mot, on manque de critères simples pour savoir si tels ou tels nombres sont distribués au hasard, ou dépendent de quelque loi systématique.

Pour essayer d'aborder utilement toute une classe de problèmes, j'ai voulu faire ces recherches sur des nombres comme les logarithmes, dont on connaît la loi, c'est-à-dire reprendre la question qu'aimait à poser Joseph Bertrand : à quelles propriétés peut-on reconnaître que les nombres d'une table sont les logarithmes des nombres entiers? sans que cet illustre géomètre, aux vues parfois si ingénieuses, ait jamais indiqué *comment* il entendait que l'on pût approcher la solution.

Soit N un nombre de sept chiffrès : quelle est la probabilité pour que ce soit la partie décimale du logarithme à sept décimales d'un nombre entier

compris entre 10000 et 100000? Telle serait *une* des formes de la question. Cette probabilité dépend très simplement du premier chiffre à gauche de N. Pour le second chiffre, le calcul se présente sous une forme algébrique extrêmement pénible, et tout à fait inextricable pour les chiffres suivants.

Laisser le premier chiffre de côté et compter le nombre de fois que tel ou tel chiffre se présente dans les décimales ne conduira qu'à des résultats peu encourageants.

J'ouvre une page de ma table à sept décimales, renfermant 500 nombres, et j'examine les cinquièmes décimales pour dénombrer celles qui sont paires et celles qui sont impaires : j'en trouve 348 impaires et 152 paires. *A priori*, on aurait pu affirmer qu'un tel écart était absolument improbable. Bien entendu, je n'ai pas choisi une page quelconque, mais bien celle où les différences tabulaires Δ varient de 202 à 197, ce qui, en colonne, fait répéter 29 ou 30 fois la même décimale; pendant 293 nombres consécutifs les cinquièmes décimales se présentent suivant le rythme 35791357913 5, etc.

Il est curieux que l'on n'ait pas encore fait cette observation puisque, *dès la première* page de la Table, de 10785 à 10932, les cinquièmes décimales suivant déjà le rythme 2604826048 26... et, pendant 14 ou 15 nombres, en colonnes, on a le même chiffre pair; les différences tabulaires varient alors de 403 à 496. De pareilles anomalies se rencontrent aussi pour d'autres décimales que la cinquième : si la partie caractéristique à gauche de Δ est paire, 40, 60, 80, ..., 200, 240, ..., 400, on trouve des zones à décimales de même parité; si cette partie est impaire, 50, 70, ..., 100, 150, ..., 300, on a un autre type de répartition, qui coutient tous les chiffres caractéristiques de 0 à 9.

Plus généralement, imaginons que les nombres entiers soient rangés en ligne avec leur logarithme. Si l'on marque le point qui correspond à la différence Δ, c'est-à-dire le nombre

$$[10^{0,\Delta} - 1]^{-1},$$

on voit, à droite et à gauche de ce point, une loi dans la distribution des décimales qui dépend de Δ. Et, si Δ est un nombre simple, cette loi est d'autant plus simple et masque les influences des différences voisines : c'est ainsi que l'action de $\Delta = 0000200$ masque complètement l'action des différences $\Delta \pm 1$ et $\Delta \pm 2$.

On a ainsi, dans la suite des nombres, autant de points caractéristiques que l'on veut bien envisager de valeurs différentes pour Δ; la zone d'influence de chacun de ces points est d'autant plus étendue que la valeur

correspondante de Δ est plus simple. Ces sortes de foyers d'influence deviennent de plus en plus actifs en s'éloignant de l'origine : si l'on prolonge la série des nombres au delà de 100 000, la zone d'influence de la différence $\Delta = 0000200$ devient extrêmement étendue; la zone d'action de $\Delta = 0000060$, par exemple. sur la sixième décimale, qui n'est qu'indiquée dans la Table ordinaire, prend elle-même une grande importance, etc.

Nous donnerons dans un autre Recueil toute une série de résultats que l'on peut déduire de l'examen des logarithmes des nombres entiers.

GÉOMÉTRIE. — *Sur l'application de la notion de contingent à la recherche de caractères de planéité pour un arc simple.* Note de M. **Georges Durand**, présentée par M. Élie Cartan.

Selon la définition de M. G. Bouligand, le *contingent* en un point d'accumulation A d'un ensemble $\mathcal{E}$ est le système des *demi-tangentes* en A, c'est-à-dire des demi-droites AT telles qu'il y ait une suite $\{A_i\}$ de points de $\mathcal{E}$ tendant vers A de manière que les angles $\{\widehat{A_i AT}\}$ tendent vers zéro (¹). Récemment, M. Bouligand s'est proposé de chercher pour un arc simple une condition *intrinsèque* de planéité, en partant de la considération du contingent en un point de cet arc, et il a posé la question de savoir si l'on a une condition suffisante en énonçant cette hypothèse : *le contingent postérieur* (ou antérieur) *en chaque point de l'arc contient toujours une demi-droite parallèle à un plan fixe* (²).

Ce problème est l'extension géométrique d'un théorème de M. Henri Lebesgue : *si les deux nombres dérivés d'un même côté d'une fonction ne sont jamais simultanément* $\neq 0$ *et de même signe, la fonction est constante* (³), dont M. A. Denjoy a donné une élégante démonstration (⁴); je me suis inspiré de cette démonstration, traduite géométriquement.

(¹) G. Bouligand, *Introduction à la géométrie infinitésimale directe* (Paris, Vuibert, sous presse).

(²) G. Bouligand, *Sur la recherche d'une condition de planéité d'un arc simple de Jordan* (*Fund. Math.*, 17, 1931, p. 122).

(³) H. Lebesgue, *Leçons sur l'intégration*, p. 77 (Paris, Gauthier-Villars, 2ᵉ édit., 1928).

(⁴) A. Denjoy, *Mémoire sur les nombres dérivés d'une fonction continue* (*Journ. de Math. pures et app.*, 7ᵉ série, 1, 1915, p. 175).

Le théorème précédent énonce qu'une courbe plane $y=f(x)$, dont le contingent postérieur (par exemple) en tout point M contient une demi-droite MT parallèle à Ox, se réduit à une parallèle à cet axe. Mais l'hypothèse implique ici que MT est dirigée suivant la direction *positive* de Ox : cette condition d'*orientation* est indispensable pour étendre la propriété à des courbes quelconques. Soit en effet la fonction classique de Weierstrass

$$w(x)=\sum_{n=0}^{+\infty} b^n \cos\pi a^n x$$

$$(a \text{ entier positif};\ 0<b<1;\ 2ab>2+3\pi),$$

pour laquelle les nombres dérivés sont presque partout $\Delta_d=\Delta_g=+\infty$, $\delta_d=\delta_g=-\infty$, tandis qu'ailleurs on a soit $\Delta_d=+\infty$ et $\delta_g=-\infty$, soit $\Delta_g=+\infty$ et $\delta_d=-\infty$ (¹); par suite, les contingents antérieur et postérieur de la courbe $y=w(x)$ contiennent toujours respectivement une demi-droite parallèle à Oy (le sens de cette demi-droite variant dans tout intervalle), sans que cette courbe se réduise à une parallèle à Oy.

Soit maintenant un arc formé de deux morceaux consécutifs de la courbe précédente, mis bout à bout, mais dans des plans différents, par exemple

$$\begin{array}{llll} x=w(t), & y=0, & z=t, & \text{pour } a\leqq t\leqq\theta, \\ x=w(t), & y=t-\theta, & z=\theta, & \text{pour } \theta\leqq t\leqq b; \end{array}$$

en tout point, les contingents de chaque côté possèdent chacun une demi-droite parallèle à Ox, donc à un plan quelconque passant par Ox, et ce n'est pas une courbe plane.

La fonction de Weierstrass n'est pas la seule à fournir cette propriété. On obtient un exemple analogue en partant d'une fonction construite par M. A. Denjoy (*loc. cit.*, p. 222)

$$y=\sum_{n=1}^{+\infty}\frac{1}{(n\,!)^{n-1}}\cos\pi[n\,!]^n x,$$

qui donne lieu encore à une courbe dont chaque contingent possède partout une demi-droite parallèle à Oy, mais toujours de sens variable.

On a ainsi donné une réponse *négative* à la question de M. Bouligand. Mais on obtient des conditions de planéité si l'on précise l'orientation de la

(¹) Cf. A. DENJOY, *loc. cit.*, p. 209.

demi-tangente qui doit être parallèle à un plan fixe, en l'astreignant à être située dans un certain *demi-plan*. J'ai démontré les propositions suivantes :

Théorème I. — *Si un arc simple est tel que le contingent postérieur* (antérieur) *en chaque point* M *contient une demi-droite* MT *parallèle à un plan fixe* Π *et toujours située d'un même côté d'un plan* Π′ *passant par* M *et restant parallèle à lui-même, cet arc est tout entier contenu dans un plan parallèle à* Π.

Théorème II. — *Soit un arc simple, d'origine* A, *dont le contingent postérieur* (antérieur) *en chaque point* M *contient une demi-droite parallèle à un plan* Π *et située du côté opposé à* A *par rapport à un plan passant par* M *et perpendiculaire à la droite qui joint les projections de* A *et de* M *sur* Π. *Alors cet arc est contenu dans un plan parallèle à* Π.

Celle-ci généralise à un autre point de vue le théorème rappelé au début :

Théorème III. — *Un arc simple quelconque* (plan ou gauche) *dont le contingent postérieur* (antérieur) *en tout point contient une demi-droite équipollente à une demi-droite fixe, se réduit à une parallèle à cette demi-droite.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les transformations isométriques d'espaces vectoriels, normés.* Note (1) de MM. **S. Mazur** et **S. Ulam**, présentée par M. Élie Cartan.

Définitions. — Un ensemble Z (d'éléments arbitraires) est dit un espace vectoriel (2) lorsque l'addition $z_1 + z_2$ des éléments de Z, ainsi que la multiplication tz par un nombre réel t, est définie de façon que les conditions suivantes soient remplies :

1° $z_1 + z_2 = z_2 + z_1$;

2° $z_1 + (z_2 + z_3) = (z_1 + z_2) + z_3$;

3° L'égalité $z + z_1 = z + z_2$ entraîne $z_1 = z_2$;

4° $t(z_1 + z_2) = tz_1 + tz_2$;

5° $(t_1 + t_2)z = t_1 z + t_2 z$;

6° $t_1(t_2 z) = (t_1 t_2) z$;

7° $1.z = z$.

L'espace vectoriel Z est normé s'il est un espace métrique tel que,

(1) Séance du 7 mars 1932.

(2) V. S. Banach, *Sur les opérations dans les ensembles abstraits* (*Fund. Math.*, 3, 1922, p. 133).

$\overline{z_1 z_2}$ désignant l'écart des points z_1, z_2, on ait

$$\overline{tz_1, tz_2} = |t| . \overline{z_1 + (-1) z_2, \Theta},$$

Θ désignant le « zéro » de l'espace, c'est-à-dire que, pour tout z,

$$z + \Theta = z.$$

Plusieurs espaces à une infinité de dimensions, importants dans les recherches de l'analyse moderne, sont vectoriels et normés; tels sont aussi les espaces de Minkowski.

Une transformation $y = F(x)$ d'un espace métrique X en un espace métrique Y est dite isométrique, si l'on a

$$\overline{F(x_1), F(x_2)} = \overline{x_1, x_2},$$

quels que soient les éléments x_1 et x_2 de X.

Une transformation $y = F(x)$ d'un espace vectoriel X en un espace vectoriel Y est dite additive si, pour tout couple d'éléments x_1, x_2 de X, on a

$$F(x_1 + x_2) = F(x_1) + F(x_2).$$

Dans cette Note, nous démontrons le théorème suivant :

Théorème ([1]). — *Toute transformation isométrique $y = F(x)$ d'un espace vectoriel normé X en un espace vectoriel normé Y telle que $\Theta = F(\Theta)$ est additive* ([2]).

Démonstration. — Soit A un ensemble situé dans un espace métrique Z. Nous appelons le point z_0 centre du premier ordre de A si, pour tout $z \in A$, on a

$$\overline{z, z_0} \leq \frac{1}{2} \delta(A),$$

le symbole $\delta(A)$ désignant le diamètre de A, c'est-à-dire la borne supérieure des nombres $\overline{z_1, z_2}$ pour $z_1, z_2 \in A$. Le point z_0 est centre du $n^{\text{ième}}$ ordre de A s'il est centre de l'ensemble C_{n-1} de tous les centres du $(n-1)^{\text{ième}}$ ordre de A qui appartiennent à A. Le point z_0 est centre métrique de l'ensemble A s'il est, pour tout n, centre du $n^{\text{ième}}$ ordre de A. Si l'ensemble A est borné, on a $\lim_{n=\infty} \delta(C_n) = 0$, et, par conséquent, l'ensemble A ne contient que tout au plus un seul centre métrique. Il est aisé de

---

([1]) Ce théorème constitue une réponse positive à un problème posé par M. Banach.

([2]) Cette transformation, étant additive et continue (comme isométrique), est *linéaire*.

vérifier que $y = F(x)$ étant une transformation isométrique définie sur un espace métrique X, si x_0 est centre métrique de $A \subset X$, $F(x_0)$ est centre métrique de F(A).

A étant un ensemble situé dans un espace vectoriel Z, le poiut $z_0 \in A$ est dit centre de symétrie de A si pour tout $z \in A$, on a $(2z_0 - z) \in A$. On prouve que le centre de symétrie de A, s'il existe, est en même temps son centre métrique.

Soit à présent $y = F(x)$ une transformation isométrique de X en Y; $\Theta = F(\Theta)$; x', x'' étant deux points de l'espace X, le point $1/2x' + 1/2x''$ est centre de symétrie de l'ensemble A composé de tous les points x pour lesquels $\overline{x, x'} = \overline{x, x''} = 1/2\,\overline{x', x''}$. Ce point est par suite centre métrique de A. Or, le centre métrique étant, évidemment, un invariant des transformations isométriques, il s'ensuit que le point $F(1/2x' + 1/2x'')$ est centre métrique de F(A); comme d'autre part le point $1/2F(x') + 1/2F(x'')$ est centre de symétrie, donc centre métrique de F(A), il vient

$$F\left(\frac{1}{2}x' + \frac{1}{2}x''\right) = \frac{1}{2}F(x') + \frac{1}{2}F(x''). \tag{1}$$

Posons dans (1) $x' = 2x_1$ et $x'' = 2x_2$; il en résulte

$$F(x_1 + x_2) = \frac{1}{2}F(2x_1) + \frac{1}{2}F(2x_2); \tag{2}$$

en posant dans (1) $x' = \Theta$, $x'' = 2x_1$, puis $x' = \Theta$, $x'' = 2x_2$, et en tenant compte de l'égalité $F(\Theta) = \Theta$, on en conclut que

$$F(x_1) = \frac{1}{2}F(2x_1), \qquad F(x_2) = \frac{1}{2}F(2x_2). \tag{3}$$

Les formules (2) et (3) entraînent $F(x_1 + x_2) = F(x_1) + F(x_2)$. La transformation $y = F(x)$ est donc additive.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les demi-sécantes limites et sur les semi-tangentes*. Note de M. **A. Marchaud**, présentée par M. J. Hadamard.

1. On trouvera ici un théorème général très simple sur les ensembles et quelques-unes de ses applications. Il s'agira d'*ensembles bornés* situés dans un *espace euclidien*, que pour fixer les idées on supposera à 3 *dimensions*. Précisons d'abord les notions qui interviendront dans les énoncés.

Ensemble fermé d'un côté. — Soient Π un plan et Ox un axe non parallèle,

je dirai qu'un ensemble borné E *est fermé du côté de* Ox *par rapport à la direction* Π si toute suite de points de E, d'abscisses *croissantes*, possède un point d'accumulation (au moins) sur E (l'abscisse d'un point étant celle de sa projection sur Ox parallèlement à Π). On observera que Ox sert uniquement à choisir un *côté* par rapport à Π. La notion d'ensemble fermé d'un côté est l'extension géométrique naturelle de celle de fonction d'une variable continue d'un côté.

Demi-sécante (limite), semi-tangente, demi-tangente. — M étant un point d'un ensemble E, les expressions : *demi-sécante, demi-sécante limite* en M (à E) s'entendent d'elles-mêmes. Si ML est demi-sécante limite, tout demi-cône de révolution de sommet M et d'axe ML contient des points de E à son intérieur. Lorsque certains de ces points sont, quel que soit le demi-cône, aussi voisins qu'on veut de M, ML est une *semi-tangente*. On dit ordinairement : demi-tangente ; je préfère réserver cette expression au cas des courbes de Jordan. On peut alors distinguer en chaque point les semi-tangentes pour un côté déterminé (gauche ou droit); quand elles se réduiront à une demi-droite unique, ce sera par définition *la demi-tangente* pour le côté considéré.

2. Le théorème annoncé résulte presque immédiatement d'une propriété élémentaire des domaines formés de demi-cônes homothétiques à un demi-cône *convexe* donné.

Soient C *un demi-cône convexe situé d'un même côté par rapport à un plan* Π *et* E *un ensemble fermé du côté de* C *par rapport à la direction* Π; *si* $\{A\}$ *est l'ensemble des points* A *de* E *tels que le demi-cône, de sommet* A *directement homothétique à* C, *ne contienne à son intérieur aucun point de* E, *cet ensemble* E *n'a aucun point extérieur au domaine formé par l'ensemble des demi-cônes inversement homothétiques à* C, *ayant pour sommets les points de* $\{A\}$.

On peut évidemment remplacer $\{A\}$ par tout ensemble le contenant.

3. Voici quelques applications du théorème précédent :

α. *Si une fonction* $f(x)$ *continue à gauche dans un intervalle ouvert à gauche, possède partout dans cet intervalle, ouvert à droite, un dérivé droit médian ou extrême de module au plus égal à* k, *la fonction satisfait dans tout l'intervalle à la condition* $|f(x)-f(x_1)|\leqq k|x-x_1|$.

β. *Un ensemble fermé possédant partout, sauf peut-être en un nombre fini de points, une demi-sécante, limite ou non, parallèle à une* DEMI-*droite fixe, est situé sur un nombre fini de droites parallèles. Si l'ensemble est un continu, c'est un segment de droite.*

Dans ce dernier énoncé on peut remplacer « demi-sécante limite ou non » par « semi-tangente », mais non pas « demi-droite fixe », par « droite fixe » même s'il s'agit d'un arc simple. M. Denjoy a donné en effet un exemple de fonction continue non constante possédant partout un dérivé nul (d'un côté nécessairement variable) (1).

γ. *Un continu qui possède partout, sauf peut-être en un nombre fini de points, une demi-sécante limite ou non, parallèle à un plan fixe et* FAISANT UN ANGLE AIGU AVEC UNE DEMI-DROITE FIXE DU PLAN, *est un continu plan.*

Pour la raison indiquée plus haut, il n'est pas possible de se débarrasser de la restriction relative à l'existence d'une demi-droite fixe, avec laquelle les demi-sécantes font un angle aigu.

Des transformations convenables de l'espace donneront immédiatement, à partir de (β) et (γ), des propositions plus générales.

δ. *Soit un arc de Jordan, lieu du point* $M(t)_{(}$ $\alpha \leqq t \leqq \beta$, $M(t)$ n'étant fixe pour aucun intervalle partiel); *s'il existe un vecteur* $\vec{V}(t)$ *différent de zéro et continu dans* (α, β), *qui soit pour chaque point* $M(t)$, *intérieur à l'arc, une semi-tangente en ce point, l'arc est rectifiable et possède partout une tangente qui varie continûment, d'une manière plus précise : il y a en chaque point intérieur deux demi-tangentes opposées sauf peut-être en un point de rebroussement unique* (ce qui ne peut avoir lieu que si $\vec{V}(t)$ est semi-tangente pour un côté variable).

Dans le cas où $\vec{V}(t)$ est supposé *continu* seulement d'un côté, *à droite*, par exemple, on peut affirmer l'existenee de deux demi-tangentes opposées, sauf peut-être sur un ensemble dénombrable; en chaque point il y a une demi-tangente à droite dont le support varie continûment à droite.

4. Lorsqu'il s'agit seulement de semi-tangentes, l'énoncé (β) est un cas particulier d'un théorème plus général, dont voici une extension.

Soient

$$\frac{dy}{dx} = F(x, y, z) \qquad \frac{dz}{dx} = G(x, y, z)$$

un système d'équations différentielles où F *et* G *sont bornées, continues et à nombres dérivés bornés par rapport à* y *et* z, *dans le domaine* $R = \{0 \leqq x \leqq 1\}$, *et* E *un ensemble de* R *fermé du côté de* Ox *par rapport à* $x = 0$. *Désignons*

(1) A. Denjoy, *Sur les nombres dérivés des fonctions continues* (*Journ. de Math.*, 1, 1915, p. 175).

par $\mathcal{E}$ *l'ensemble des courbes intégrales passant par les points de* E (*limitées au domaine* R) *et par* $\mathcal{A}$ *celles définies par les points* A *de* E *pour lesquels le vecteur de composantes* 1, F(A), G(A) *n'est pas semi-tangente à* E : *on a* $\mathcal{E}+\mathcal{E}'=\mathcal{A}+\mathcal{A}'$.

En particulier, lorsque E *est un continu*, c'est nécessairement *un arc d'intégrale* dès que $\mathcal{A}$ *possède un seul élément isolé.*

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la notion de contractibilité locale des ensembles.* Note [1] de M. **Karol Borsuk**, transmise par M. Émile Borel.

La notion de connexité locale, introduite par M. S. Mazurkiewicz [2] et M. H. Hahn [3] pour caractériser topologiquement les images continues du segment rectiligne, a attiré l'attention sur l'importance d'une classe plus générale d'ensembles, à savoir de celle des ensembles localement connexes et compacts. Comme l'ont montré de nombreux travaux consacrés à l'étude de leurs propriétés, ils se distinguent, tant qu'il s'agit des ensembles *plans*, par la structure topologique relativement simple, se traduisant en particulier par des propriétés extrinsèques telles que la connexité locale des frontières des régions qui en constituent le complémentaire, l'accessibilité de tous les points de ces frontières, etc.

Or ces propriétés disparaissent lorsqu'on passe aux ensembles compacts et localement connexes arbitraires situés dans l'espace euclidien R_n à $n>2$ dimensions.

J'introduis et j'examine ici (par des moyens de la théorie des ensembles de points) une notion topologique que j'appelle *contractibilité locale* [4] et qui permet de distinguer une vaste classe d'ensembles jouissant dans les espaces R_n, *pour tout n*, des propriétés extrinsèques mentionnées plus haut. Cette notion constitue sur le terrain de la théorie des ensembles de points

---

(1) Séance du 29 février 1932.

(2) S. Mazurkiewicz, *C. R., Soc. Sc. Varsovie*, 6, 1913, p. 305 et 941.

(3) H. Hahn, *Jahresber. D. Math.*, V, 23, 1914, p. 319.

(4) Cf. ma Communication du IIe Congrès des Mathématiciens Polonais à Wilno (1931), où j'ai signalé cette notion à la suite d'un exemple de la coupure de R_3 qui, contrairement aux coupures du plan, est *localement connexe, tout en constituant une frontière commune de* >2 *régions*. Pour les autres résultats de la présente Note, en particulier pour les détails de la démonstration des théorèmes I-IV, voir *Fund. Math.*, 19, sous presse.

(tout au moins pour les dimensions finies) un correspondant exact de la notion de connexité locale des topologistes combinatoires [1], provenant de M. Alexander.

J'appelle *contraction* (dans un ensemble donné B) *d'un ensemble* $A \subset B$ *vers un point* $p \varepsilon B$ toute opération $f(x, t)$ définie pour $x \varepsilon A$ et $O \leqq t \leqq 1$, continue pour les deux variables x et t à la fois et telle que :

1° $f(x, O) = X$; 2° $f(x, t) \varepsilon B$, et 3° $f(x, 1) = p$, quels que soient $x \varepsilon A$ et $O \leqq t \leqq 1$. Je dis qu'un point p d'un ensemble E en est un *point de contractibilité locale* (ou encore que E est *localement contractile au point* p), lorsque tout entourage (ensemble ouvert) $U \subset E$ de p contient un entourage V de p qui se laisse contracter dans U vers p. L'ensemble E est dit tout court *localement contractile* lorsqu'il l'est en chaque point.

Tout point de contractibilité locale est en même temps un point de connexité locale, mais non réciproquement. Il existe en effet, même sur le plan, des continus localement connexes dépourvus de points de contractibilité locale. Telle est, par exemple, la courbe universelle bien connue de M. W. Sierpinski [2].

La classe des ensembles localement contractiles comprend en particulier les espaces euclidiens, et plus généralement, vectoriels, tous les complexes de la topologie combinatoire, tous les ainsi dits rétractes absolus [3], etc.

Dans la suite, j'entendrai pour abréger par ensembles les ensembles métriques et compacts en soi. On a les théorèmes :

I. *Les ensembles localement contractiles plans coïncident avec les ensembles localement connexes, qui, tout au plus, coupent le plan en nombre fini de régions.*

II. *Si un ensemble localement contractile situé dans un espace* R_n (*où* $n = 1, 2, \ldots$) *coupe cet espace, il le coupe en nombre fini de régions.*

III. *Étant donné dans* R_n *un ensemble localement contractile* E, *tout point de la frontière d'une région-composante quelconque de* $R_n - E$ *est accessible de cette région.*

IV. *Dans la même hypothèse, la frontière de* E (*par rapport à* R_n) *est localement connexe.*

Tous ces théorèmes résultent du lemme suivant :

1. *Pour qu'un ensemble* E *soit localement contractile, il faut et il suffit qu'il soit le rétracte d'un entourage dans tout espace métrique qui le contient,*

---

(1) Cf. S. Lefschetz, *Topology*, p. 91 (New York, 1930).

(2) W. Sierpiński, *Comptes rendus*, 162, 1916, p. 629.

(3) K. Borsuk, *Fund. Math.*, 17, 1931, p. 159.

c'est-à-dire qu'il existe une fonction continue $f(x)$ définie dans un entourage W et telle que l'on ait :

$f(x) \varepsilon E$ *pour tout* $x \varepsilon W$ et $f(x) = x$ *pour tout* $x \varepsilon E$.

La démonstration de ce lemme ne diffère pas essentiellement de celle du théorème généralisé sur la déformation de M. S. Lefschetz ([1]), mais n'exige pas l'appareil de la topologie combinatoire. Dans la démonstration du théorème I intervient en outre le théorème d'après lequel tout continu localement connexe qui ne coupe pas le plan en est un rétracte ([2]), et dans celle des théorèmes II-IV le lemme suivant :

2. *Étant donné dans* R_n *un ensemble localement contractile* E *et deux sphères,* S_1 *et* S_2, *de centre commun* $p \varepsilon E$ *et de rayons respectifs* $r_1 < r_2$, *il n'existe qu'un nombre fini de composantes de* $S_2 - E$ *ayant des points communs avec* S_1.

Ce lemme se déduit du théorème (équivalent au Fixpunktsatz de M. L. E. J. Brouwer) selon lequel une transformation continue d'un ensemble arbitraire $E \subset R_n$ ne peut laisser immobiles tous les points de la frontière de E que si le transformé contient tout l'intérieur de E ([3]).

Les théorèmes II et III se rattachent au théorème connu de M. Brouwer ([4]) (démontré d'abord pour le cas de $n = 2$ par M. Jordan), suivant lequel toute image homéomorphe d'une surface de la sphère n-dimensionnelle coupe R_n en deux régions et constitue leur frontière commune, accessible de ces régions en chaque point. En particulier, le théorème III constitue une généralisation notable de la seconde partie de cet énoncé.

ÉLASTICITÉ. — *Sur une correspondance étroite des théories de la poussée des terres de Coulomb et de Boussinesq.* Note de M. **Édouard Callandreau.**

1. Coulomb fait l'hypothèse d'un *prisme-coin* homogène (de poids spécifique Π et d'angle φ de terre coulante) de plus grande poussée. Ses lignes de rupture sont des droites.

Boussinesq applique la théorie de l'élasticité au massif pulvérulent incliné d'un angle ω sur l'horizon, à l'état d'équilibre-limite. L'angle de frottement intérieur, qui n'est plus constant que dans le gros du massif, c'est-à-dire au delà du plan de Maurice Levy, et vers la surface libre, croît entre

---

([1]) *Op. cit.*, p. 92.

([2]) K. Borsuk, *Fund. Math.*, 18, 1932, p. 211.

([3]) K. Borsuk, *Fund. Math.*, 17, 1931, p. 161.

([4]) L. E. J. Brouwer, *Math. Ann.*, 71, 1911, p. 314 et 321.

ce plan et la paroi supposée verticale. Les lignes de rupture présentent alors dans cette région une partie curviligne. Boussinesq considère de tels massifs H_d et H_e hétérogènes quant à l'angle de frottement intérieur, susceptibles de pousser sur la paroi moins ou davantage que le massif homogène donné, et par conséquent de fournir des approximations, par défaut et par excès de la poussée.

2. Je dis qu'à chaque massif hétérogène H de Boussinesq correspond et réciproquement un et un seul massif homogène h de même *poussée*, d'angle de frottement intérieur égal à celui qui règne dans le gros du massif H, de même angle de frottement extérieur, et dont la droite de rupture émanée d'un point de la paroi est parallèle à la partie rectiligne de la ligne de glissement de H relative audit point.

Un massif H_d est défini par la même valeur φ de l'angle de frottement de sa partie principale, donc égal à celui du massif homogène donné, et de son angle de frottement extérieur. La composante normale de poussée $k\pi r$ à la distance r sur la paroi résulte de la valeur du coefficient :

$$(1) \qquad k_0^{(1)} = \frac{\cos\omega\cos\varphi\cos^2(\varphi+\delta)}{\cos(\omega-\delta)\cos(\varphi-\delta)},$$

avec $\delta = \pi/4 - \varphi/2 + \omega + \chi$, où χ est le plus petit (en valeur absolue) angle négatif aigu solution de : $\sin\omega + \sin\varphi . \sin(2\chi+\omega) = 0$.

Le massif H_e le plus faible par excès est défini par un angle de frottement de sa partie principale φ' atteignant la valeur φ contre la paroi, et par un angle φ_1 de frottement extérieur tel que

$$\operatorname{tang}\varphi_1 = \frac{\cos(\varphi'-\varepsilon+2\delta)\sin\varphi}{1-\sin(\varphi'-\varepsilon+2\delta)\sin\varphi},$$

où l'angle aigu ε est donné par $\cos\varepsilon = \sin\varphi'/\sin\varphi$ et où δ a la même expression que précédemment φ y étant remplacé par φ' et ce dernier étant déterminé par la condition de minimum de l'approximation. La poussée exprimée comme plus haut résulte du coefficient :

$$(2) \qquad k'^{(1)} = \frac{\cos\omega\cos\varepsilon\cos(\varphi'+\delta)}{\cos(\omega-\delta)\cos(\varphi'-\varepsilon)}[1-\sin\varphi\sin(\varphi'-\varepsilon+2\delta)] \qquad \text{avec} \qquad \frac{dk'}{d\varphi'} = 0.$$

D'autre part, le coefficient relatif à un *prisme-coin* homogène h d'angles φ et Φ de frottement intérieur et extérieur vaut, toujours avec la paroi verticale,

$$(3) \qquad k_c = \cos\omega\cos\Phi\frac{\cos(2X+2\omega)-\sin\varphi}{\cos(2X+\omega-\Phi)+\sin(\varphi+\Phi-\omega)},$$

(1) BOUSSINESQ, *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 931.

avec, pour le prisme de plus grande poussée, la condition $d\mathrm{K}_c/d\mathrm{X}$ déterminante de l'argument X.

Or on vérifie l'identité de (1) et de (3) où l'on fait Φ égal à φ dès que, condition nécessaire et suffisante, X vaut χ. On vérifie aussi l'identité de (2) et de (3) où l'on aurait fait φ et Φ respectivement égaux à φ' et φ_1 dès que X vaut le χ' relatif à la partie principale de H_e et tel que

$$\sin\omega + \sin\varphi' \sin(2\chi' + \omega) = 0.$$

Ce qui démontre la proposition, valable encore, étant donnée l'égalité des angles de frottement extérieur des massifs H et h s'il s'agit, au lieu de leurs composantes normales, des poussées elles-mêmes.

3. k_0 est naturellement inférieur à K_c. Les deux prismes correspondants qui appartiennent au même massif homogène h d'angle φ ne diffèrent en effet que par l'inclinaison, sur la ligne de pente du talus et vers l'origine de leur droite de rupture, caractérisée en fait par les arguments χ et X; et X est, par hypothèse, relatif au prisme de plus grande poussée. On reconnaît aussi de suite que la *petite* différence $\mathrm{X} - \chi$ est négative. D'autre part [mais la vérification est moins aisée, et il faut tout d'abord transcrire le coefficient (3) du massif d'angle φ sur un massif d'angle φ' ce que l'on fait en écrivant l'égalité des poussées des massifs $h(\varphi\varphi\mathrm{X})$ et $h(\varphi'\varphi_1\mathrm{X}_1)$, d'où la nouvelle valeur X_1 d'argument à considérer] on constate que le *petit* écart $\mathrm{X}_1 - \chi'$, où χ' est du reste supérieur à l'analogue X' de X pour le massif h d'angle φ', est toujours positif. On déduit de là que la solution dite « de Coulomb », tout au moins pour le cas déjà général envisagé ici, est comprise entre les deux approximations par défaut et par excès, et du reste voisines de la théorie nouvelle qui retient leur moyenne arithmétique comme solution optima. Les résultats des deux théories ne peuvent donc, en pratique, différer notablement.

MÉCANIQUE. — *Sur un procédé à haute fréquence pour l'étude des vibrations tant à la surface qu'à l'intérieur d'un solide, en particulier des membrures d'un pont.* Note de M. **Paul Santo Rini**, présentée par M. A. Mesnager.

On connaît l'importance qui s'attache à l'étude des oscillations propres d'un pont soumis à une épreuve dynamique. Or, si la fréquence principale de l'ensemble d'un pareil pont est facilement mesurable, il en est autrement

(1) Séance du 29 février 1932.

de la détermination expérimentale des lois de la variation de l'état de vibration, d'une membrure à l'autre du système. A plus forte raison, l'exploration de la *propagation des phénomènes vibratoires dans l'intérieur même de l'ouvrage* supposé par exemple en béton ou en maçonnerie, nous était, jusqu'ici, entièrement interdite.

Pour étudier les mouvements périodiques tant à la surface que dans l'intérieur de la masse d'une pièce vibrante, j'utilise depuis quelque temps la notable sensibilité d'un procédé de mesure basé sur les variations de la capacité électrique d'un condensateur dont l'une ou les deux armatures sont rendues solidaires du corps vibrant.

Un pareil *condensateur-explorateur*, branché dans un circuit oscillant, influe sur la haute fréquence du circuit oscillant par la fréquence transmise mécaniquement sur ses armatures par les mouvements imperceptibles à nos sens de la masse vibrante.

Ceci acquis, certains procédés oscillographiques connus peuvent être mis à contribution pour rendre sensible qualitativement ou quantitativement la modulation caractéristique de l'état vibratoire qui nous intéresse.

Un moyen très simple pour déceler cette modulation consiste dans l'observation du courant-grille continu, hachuré à la fréquence du circuit oscillant, d'un *absorbomicromètre* (1).

On peut distinguer différents cas suivant l'ordre de grandeur de la fréquence à étudier. En effet, si celle-ci est très basse, de l'ordre de quelques oscillations seulement par seconde, elle peut être inscrite directement par un millianpèremètre enregistreur intercalé dans le circuit de grille de la triode de l'appareil. Par contre, si les oscillations sont de fréquence musicale, elle peut être décélée par un écouteur téléphoniqne branché directement dans le même circuit de grille, à la suite du millianpèremètre ordinaire de l'appareil. En se basant sur les indications de celui-ci (déviation minimum), on règle l'appareil aux environs de la résonance des deux circuits : la fréquence de la modulation est alors directement perceptible à l'oreille dans les écouteurs et l'amplitude des oscillations est mesurable par exemple par un procédé d'extinction.

---

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences d'Athènes*, **5**, séances des 15 mai et 18 décembre 1930, p. 217 et 460, et **7**, 14 janvier 1932, p. 35; *Le Constructeur de Ciment armé*, décembre 1930 à novembre 1931, **12**, p. 265, et **13**, p. 251; *Beton und Eisen*, **29**, XXII, 1930, p. 411.

J'ai appliqué ce procédé pour la détermination des oscillations propres d'une membrure d'un pont métallique en approchant simplement de l'une de ses parois planes une lame isolée, reliée par un câble à un absorbomicromètre : les deux surfaces métalliques constituant un condensateur-explorateur, une étude sommaire du mouvement vibratoire de la membrure du pont lors du passage d'un train a pu être ainsi effectuée à *distance et sans liaison mécanique quelconque avec la pièce vibrante.*

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Quelques exemples d'oscillations non linéaires.* Note (¹) de MM. **Nicolas Kryloff** et **Nicolas Bogoliuboff**, présentée par M. J. Hadamard.

Les problèmes d'oscillations, dites linéaires, dans les circuits linéaires ne présentent plus guère actuellement de difficultés mathématiques.

Il n'en est pas ainsi, ce nous semble, pour les oscillations non linéaires (qui se produisent dans les circuits non linéaires), malgré des travaux récents. Les oscillations non linéaires interviennent d'une manière notable, même quelquefois souveraine, dans différentes applications, notamment dans la biologie (travaux de M. V. Volterra et de ses continuateurs), la chimie, la physique, l'astronomie (par exemple problème des Céphéides) et tout porte à croire que le problème de la *Mécanique non linéaire* est actuellement à l'ordre du jour. Or la difficulté principale dans cet ordre d'idées et sur laquelle on n'a pas attiré, ce nous semble, suffisamment l'attention, réside dans le fait que par exemple dans les circuits non linéaires, en particulier dans ceux qui interviennent dans la radiotechnique, peuvent exister des oscillations dont les fréquences sont des combinaisons linéaires

$$n_1\omega_1 + n_2\omega_2 + \ldots + n_r\omega_r$$

des différentes fréquences $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_r$, dites principales, de sorte que les fonctions du temps t, représentant les oscillations, seront par essence les fonctions appelées en Analyse quasi périodiques (au sens de Bohl).

Par conséquent l'application des méthodes (²) célèbres de H. Poincaré,

(¹) Séance du 22 février 1932.

(²) Utilisées récemment pour l'étude de la solution périodique en radiotechnique.

basées sur les développements des fonctions représentant les oscillations suivant les puissances des paramètres, ne suffit plus ici. En effet, les développements des fonctions quasi périodiques suivant lesdits paramètres (dont dépendent aussi les fréquences et les amplitudes, *ne donne pas la représentation adéquate* et peut fausser même le caractère des fonctions cherchées, sans parler du fait que les développements en question ne convergent pas uniformément sur tout axe réel, vu qu'ils contiennent des polynomes en t.

Nous avons donc choisi une autre voie, celle du développement suivant ledit paramètre, non de la fonction cherchée elle-même (qui représente les oscillations stationnaires étudiés), mais directement des amplitudes, des phases et des fréquences. Prenons, à titre d'exemple, l'équation non linéaire

$$(1) \qquad \frac{d^2}{dt^2}\mathrm{I}(t) + \overset{*}{\omega}{}^2\mathrm{I}(t) = \varepsilon f\left(\frac{d\mathrm{I}}{dt}\right) + \mathrm{E}\sin\alpha t,$$

intervenant dans les problèmes de radiotechnique et qui correspond au schéma classique. Dans l'équation (1), l'on a posé, pour abréger,

$$\overset{*}{\omega}{}^2 = \frac{1}{\mathrm{LC}}, \qquad \varepsilon = \overset{*}{\omega}[\mathrm{S(M - DL) - RC}], \qquad \mathrm{S} = f'_1(\mathrm{E}_g + \mathrm{DE}_a),$$
$$f(\mathrm{V}) = \overset{*}{\omega}\frac{f_1[\mathrm{E}_g + \mathrm{DE}_a + (\mathrm{M - DL})\mathrm{V}] - f_1[\mathrm{E}_g + \mathrm{DE}_a] - \mathrm{RCV}}{\mathrm{S(M - DL) - RC}},$$

$f_i(\mathrm{V})$ est la caractéristique (qui peut être donnée graphiquement) de la lampe; E_a, E_g, les tensions initiales respectivement sur l'anode et la grille; D, la perméabilité; $\mathrm{E}\sin\alpha t$, la force extérieure appliquée au circuit oscillant; I, la partie variable du courant dans le circuit considéré.

L'analyse à l'aide de laquelle nous avons obtenu nos résultats est basée sur la considération d'une équation aux dérivées partielles, spécialement formée, et dont l'intégrale $z(x, y)$, périodique de période 2π par rapport à chaque argument, vérifie la relation fondamentale

$$\mathrm{I}(t) = \mathrm{Z}(\omega t, \alpha t),$$

où ω est ce qu'on pourra appeler la fréquence propre du système.

En appliquant cette analyse, nous avons obtenu les résultats que voici :

1° *Les oscillations stationnaires sont composées des oscillations propres, des oscillations forcées* et, contrairement au cas des oscillations linéaires, *aussi*

d'oscillations combinées, de sorte qu'on a par exemple à ε^2 près :

$$(2)\quad I(t)=\frac{E}{\overset{*}{\omega}^2-\alpha^2}\sin\alpha t+B\sin\overset{*}{\omega}(t+\varphi)$$

$$+\varepsilon\left\{\frac{1}{\overset{*}{\omega}g_{10}\cos\psi_{10}}\left[\sum_{\substack{n\\ n\neq 1}}\sum_{m}\frac{f_{n,m}g_{n,m}(\overset{*}{\omega}n+\alpha m)\sin(\psi_{n,m}-\varphi_{n,m})}{(n\overset{*}{\omega}+m\alpha)^2-\overset{*}{\omega}^2}\right]\sin\omega(t+\varphi)\right.$$

$$\left.+\sum_{\substack{n\\ n\neq 1}}\sum_{m}\frac{f_{n,m}\cos[(n\omega+m\alpha)t+\varphi_{n,m}+n\overset{*}{\omega}\varphi]}{(n\overset{*}{\omega}+m\alpha)^2-\overset{*}{\omega}^2}\right\},$$

$$(3)\qquad \omega^2=\overset{*}{\omega}^2-\frac{\varepsilon^2}{2\overset{*}{\omega}^2B^2}\sum_{\substack{n\\ n\neq 1}}\sum_{m}\frac{f_{n,m}^2(\overset{*}{\omega}n+\alpha m)\overset{*}{\omega}n}{(n\overset{*}{\omega}+m\alpha)^2-\overset{*}{\omega}^2},$$

où $f_{n,m}$, $g_{n,m}$, $\varphi_{n,m}$, $\psi_{n,m}$ se déterminent par les relations

$$f\left(\overset{*}{\omega}B\cos x+\alpha\frac{E}{\overset{*}{\omega}^2-\alpha^2}\cos y\right)=\sum_n\sum_m f_{n,m}\cos(nx+my+\varphi_{n,m}),$$

$$\cos x\, f'\left(\overset{*}{\omega}B\cos x+\alpha\frac{E}{\overset{*}{\omega}^2-\alpha^2}\cos y\right)=\sum_n\sum_m g_{n,m}\cos(nx+my+\psi_{n,m}),$$

B (valeur approchée de l'amplitude de la vibration propre) se trouvant donné par

$$(4)\qquad \int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi}f\left(\overset{*}{\omega}B\cos x+\alpha\frac{E}{\overset{*}{\omega}^2-\alpha^2}\cos y\right)\cos x\,dx\,dy=0,$$

qu'on pourrait aussi résoudre graphiquement.

2. *La fréquence, dite* propre, ω *dépend non seulement des constantes du circuit, mais encore de l'amplitude de la force extérieure et cette dernière dépendance se trouve proportionnelle, pour les petites valeurs du paramètre* ε, *à* ε^2, *de sorte que cette fréquence propre est d'autant plus stable que la valeur du paramètre* ε *est plus petite*. Cette conclusion résulte de la formule (3), laquelle, pour le cas de l'absence de la force extérieure ($E=0$) (le cas des auto-oscillations) prend la forme

$$\omega^2=\overset{*}{\omega}^2-\frac{\varepsilon^2}{2\overset{*}{\omega}^2B^2}\sum_{n=2}^{\infty}\frac{n^2}{n^2-1}f_n^2,$$

où

$$f_n^2=\left[\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi}f(\overset{*}{\omega}B\cos x)\cos nx\,dx\right]^2+\left[\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi}f(\overset{*}{\omega}B\cos x)\sin nx\,dx\right]^2,$$

et où B (l'amplitude de l'auto-oscillation) se détermine par l'équation

$$\int_0^{2\pi} f(\overset{*}{\omega} B \cos x) \cos x \, dx = 0,$$

laquelle, sous une autre forme, a été déduite par la construction des *lignes des oscillations*.

Des formules (2), (3) découle, par exemple, le résultat suivant :

3. *Outre la résonance* $\overset{*}{\omega} \sim \alpha$, *existent encore d'autres résonances, les résonances de démultiplication pour* $\overset{*}{\omega}$, *voisines de* $n/m\,\alpha$, *par exemple pour*

$$\frac{\alpha}{2}, \quad \frac{\alpha}{3}, \quad \frac{2\alpha}{3}, \quad \ldots.$$

OPTIQUE. — *Spectres d'absorption infrarouges de carbures à noyau.* Note (¹) de MM. **P. Lambert** et **J. Lecomte**, présentée par M. A. Cotton,

Nous avons étudié, avec notre spectromètre enregistreur pour l'infrarouge (*Comptes rendus*, 189, 1929, p. 155), les spectres d'absorption suivants :

Carbures cyclohexaniques. — Le cyclohexane possède des bandes bien marquées à 14,75; 13,9; 11,55; 11,04; 9,73; 7,88; 7,56 et 6,97 μ dont les deux premières sont indiquées pour la première fois. Plusieurs de ces maxima se retrouvent, avec de faibles déplacements, dans les spectres du méthylcyclohexane et des méta- et paradiméthylcyclohexanes; mais les spectres de ces carbures sont nettement différenciés ainsi que celui du cyclohexane. Ces résultats sont nouveaux, à l'exception d'une partie de ceux que nous ont donnés le cyclohexane et le paradiméthylcyclohexane.

Relativement aux carbures benzéniques correspondants, on constate que la vibration benzénique apparaît avec les bandes du cyclohexane à $14^{\mu},75$ et $9^{\mu},73$. Les bandes caractéristiques des diméthylcyclohexanes, qui d'ailleurs n'avaient pas encore été signalées, à $15^{\mu},82$ et $14^{\mu},84$ pour la position *méta*, à $15^{\mu},56$ pour la position *para* (l'ortho nous ayant fait défaut) correspondent à celles de $14^{\mu}45$ et $13^{\mu},02$ du métaxylène et de $12^{\mu},57$ du paraxylène.

(¹) Séance du 29 février 1932.

Mais, à part ces analogies, *les positions des maxima d'absorption* des carbures cyclohexaniques ne se présentent comme entièrement différentes de celles des carbures benzéniques correspondants. Pour ne citer qu'une discordance frappante, la double bande vraiment forte du toluène à $13^{\mu},66$ et $14^{\mu},38$ manque entièrement dans le méthylcyclohexane. En ce qui concerne les *intensités d'absorption*, les carbures cyclohexaniques peuvent s'examiner ici sous des épaisseurs environ dix fois plus grandes que les carbures benzéniques correspondants.

Carbures cyclohexéniques. — La formule de ces corps indique qu'ils devraient occuper une situation intermédiaire entre les carbures cyclohexaniques et les carbures benzéniques. Ce fait ne se vérifie pas dans les spectres d'absorption infrarouges, presque entièrement nouveaux, du cyclohexène et des trois méthylcyclohexènes.

1° Il apparaît vers $15^{\mu},5$ une bande large, mais intense que nous attribuons à la liaison $C=C$, car elle se retrouve également dans des spectres de carbures éthyléniques que nous avons obtenus au cours d'autres recherches. Une certaine dissymétrie de la molécule semblerait nécessaire pour provoquer ce maximum, car il ne se retrouve pas avec le benzène, qui suivant le schéma de Kékulé, posséderait trois doubles liaisons.

2° Les groupements $C-H$ vibrent avec une intensité particulière en donnant lieu à un maximum très prononcé vers $13^{\mu},7$, qui n'existe ni pour le benzène, ni pour les quatre carbures cyclohexaniques que nous avons étudiés ici.

3° En dehors des deux bandes précédentes, le spectre des quatre carbures cyclohexéniques se compose d'un nombre de maxima (plus ou moins bien marqués) plus élevé que pour les autres classes de carbures à noyau.

4° On ne découvre pas de déplacements systématiques en passant de l'ortho au méta et au paraméthylcyclohexènes, mais seulement des variations dans l'intensité des bandes.

Carbures naphtaléniques. — Le naphtalène, les α et β-méthylnaphtalènes, les diméthylnaphtalènes 1:6 et 2:6, parmi lesquels seul le premier carbure avait été examiné avant nous jusqu'à 12^{μ}, présentent en commun leurs principales régions d'absorption. Elles se placent vers 7; 8,9-9; 9,8; 10,50 de 12,5 à 14 et entre 15,5 et 16^{μ}. Mais la structure de ces zones ainsi que les bandes secondaires varient d'un dérivé à l'autre.

1° La partie du spectre comprise entre 12,5 et 14^{μ} conduit aux résultats les plus intéressants. Le naphtalène donne lieu à $12^{\mu},80$ à une bande très forte et caractéristique du noyau naphtalénique, qui semble bien être

la réplique de la bande du benzène vers 14$^\mu$,8. L'introduction d'un ou de deux groupements méthylés déplace le maximum du naphtalène vers 12$^\mu$,3 en moyenne, mais il lui conserve sa grande intensité. En même temps apparaissent également deux bandes : l'une dont la position oscille entre 13,3 et 13$^\mu$,6, et qui correspond a un maximum propre aux chaînes aliphatiques, et l'autre vers 13$^\mu$ que nous serions tentés d'attribuer au noyau naphtalénique.

2° Les spectres des α et β-méthylnaphtalènes ne sont pas identiques, mais très voisins. On distingue beaucoup mieux ceux des diméthylnaphtalènes 1:6 et 2:6; en particulier le premier possède quatre bandes bien marquées à 12,24; 12,71; 13,30 et 13,92 μ alors que, pour l'autre carbure, le premier de ces maxima est seul intense.

3° Une étude comparative des bandes du β-méthylnaphtalène et du diméthylnaphtalène 2:6, à l'état d'une mince pellicule solide ou en dissolution dans le sulfure de carbone, n'indique pas de changements essentiels dans le spectre.

La transmission du *tétrahydronaphtalène* rappelle beaucoup celle des carbures naphtaléniques qui précèdent, surtout entre 12 et 14$^\mu$. Par contre, entre le naphtalène et le *décahydronaphtalène*, qui est le carbure saturé correspondant, on constate des différences aussi marquées, quoique d'un ordre tout différent, qu'entre le benzène et le cyclohexane.

Carbures benzéniques à plusieurs noyaux. — Dans le *diphényl*, le *diphénylméthane* et le *triphénylméthane* (résultats nouveaux sauf une partie de ceux du diphénylméthane), contrairement aux carbures naphtaléniques qui précèdent, les noyaux benzéniques sont reliés au reste de la molécule par un seul atome de carbone. Le *diphényl*, principalement par ses quatre maxima très nets de 12,75; 13,56; 14,32 et 14,85$^\mu$, indique la présence de vibrations différentes de celles des carbures benzéniques ou naphtaléniques. Le spectre du *diphénylméthane* s'interprète fort bien en considérant ce carbure comme un phényltoluène. On retrouve, en effet, deux maxima très intenses vers 13,6 et 14$^\mu$,3, ainsi que deux autres vers 9,35 et 9$^\mu$,83, qui rappellent beaucoup ceux du toluène. Une comparaison, à température égale, de la même cuve de diphénylméthane à l'état surfondu et à l'état solide, n'a pas indiqué de variations notables dans la place des bandes d'absorption. Le spectre du *triphénylméthane* offre des analogies très nettes avec celui du carbure précédent, mais il s'en distingue principalement par l'adjonction d'une nouvelle bande très intense vers 15$^\mu$,05.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption des terres rares dans le proche infrarouge.* Note (¹) de MM. R. **Freymann** et S. **Takvorian**, présentée par M. G. Urbain.

Alors que l'étude des spectres d'absorption des terres rares dans le visible et l'ultraviolet a fait l'objet de nombreuses recherches, peu de travaux ont été effectués jusqu'ici relativement à l'infrarouge (²) (³).

L'appareil (⁴) à cellule thalofide précédemment décrit, permet l'étude de la région 0ᵘ,82-1ᵘ,16 avec une précision de ± 5°.

Les différents éléments ont été étudiés sous forme de chlorures neutres, à des concentrations comprises entre 8N et N/32, et sous une épaisseur constante de 1ᶜᵐ; ils proviennent de fractionnements très poussés et ne présentent pas de bandes d'absorption étrangères dans le visible.

On sait que l'eau, employée ici comme solvant, possède dans la région infrarouge une bande d'absorption à 9735 Å; cependant il faut souligner qu'étant donnée la faible épaisseur de la cuve, et aux concentrations élevées utilisées, cette absorption est trés inférieure à celle des terres rares.

Terres cériques. — Des solutions 4N de chlorure de lanthane et 8N de chlorure de cérium n'ont présenté aucune bande d'absorption. Par contre, on observe pour les chlorures de praséodyme, de néodyme, de samarium des bandes intenses.

Ainsi le praséodyme ($C = 8N$ et 4N) possède une bande dont le maximum se trouve à 10182 Å.

Le néodyme, étudié à la concentration 8N, présente deux larges bandes voisines, qui se résolvent en trois aux concentrations 2N et N/2; les maxima de ces bandes sont situés respectivement à 8660, 8755 et 8891 Å; la seconde, marquée seulement par un point d'inflexion de la courbe d'absorption, disparaît, ainsi que la bande 8891 Å, pour une concentration comprise entre

(¹) Séance du 7 mars 1931.

(²) H. Becquerel, *Ann. de Phys.*, 30, 1883, p. 5.

(³) Jones et ses collaborateurs, *Publication Carnegie Inst. Washington*, 190, 1913.

(⁴) R. Freymann, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 656.

N/8 et N/32. Par contre, la bande 8660 Å persiste pour N/64, ce qui est intéressant du point de vue analytique.

Pour le samarium, on observe à la concentration 8N une bande de maximum 9508 Å et une autre, large [1], à 10869 Å. Par dilution, la bande 9508 Å disparaît pour une concentration comprise entre N/8 et N/2, alors que la bande 10869 Å reste toujours très intense et s'observe nettement encore pour N/24.

Il y a lieu d'insister sur le fait que les bandes d'absorption du samarium dans le visible, étudiées dans les mêmes conditions, disparaissent à une concentration voisine de N/2.

Terres yttriques. — Aucune bande d'absorption n'est observable pour les solutions de chlorures d'europium 3N, de gadolinium 5N, de terbium N, d'yttrium 8N, de thulium N/2.

Le dysprosium est caractérisé par deux bandes; l'une à 9090 Å, l'autre à 11054 Å. Ces bandes, très intenses aux concentrations 3N, N/2, N/8, s'observent encore pour N/32. A remarquer que, dans les mêmes conditions, les bandes d'absorption visibles du dysprosium s'effacent pour N/2.

Le holmium examiné présente aux concentrations 4N, 2N, N/2, N/8 des bandes attribuables au dysprosium. On y distingue en outre une bande faible à 8930 Å.

L'erbium, 4N, 2N, N/2, possède une bande intense à 9742 Å (très voisine de celle de l'eau).

Les fractions de lutécium et d'ytterbium étudiées présentent des bandes aux environs de 9400 Å et 9740 Å, cette dernière est au voisinage immédiat de celle de l'eau et, à concentration égale, d'intensité bien supérieure à celle de l'erbium; comme l'intensité de ces bandes croît avec l'enrichissement en lutécium, il semble que l'on puisse les attribuer à cet élément.

En résumé, cette étude des spectres d'absorption infrarouge des terres rares a permis de déceler de nouvelles bandes d'absorption, d'en dédoubler d'autres et surtout de montrer l'intérêt analytique de la question.

---

[1] Malgré la largeur de cette bande, on n'observe pas de dédoublement par dilution.

TÉLÉVISION. — *Nouveau procédé d'étude et de réglage d'une transmission de télévision.* Note [1] de M. **Maurice Robert**, présentée par M. Paul Janet.

On sait que, en télévision, bien qu'on prenne soin d'utiliser les parties rectilignes des caractéristiques des cellules et des lampes des amplificateurs on observe des déformations considérables qui sont dues :

1° A l'inertie des cellules;

2° A l'inertie des amplificateurs de départ et d'arrivée;

3° Aux phénomènes de transmission dans les lignes;

4° A la modulation et à la réception dans le cas de transmission par T. S. F.

Tous ces facteurs ne sont pas indépendants mais réagissent au contraire les uns sur les autres; le fonctionnement de la ligne, dans le cas d'une transmission par fil par exemple, dépend des amplificateurs de départ et d'arrivée. C'est ce qui explique l'échec des essais de compensation de ligne pour la télévision. Aussi avons-nous cherché une méthode tenant compte du fonctionnement total de l'installation.

On sait que les appareils actuels de télévision utilisent le procédé dit par balayage, qui consiste à explorer et à reproduire successivement tous les points de l'image ou de l'objet à transmettre en un douzième de seconde, la persistance des impressions lumineuses permettant à l'œil de l'observateur à l'arrivée de reconstituer l'image et même d'en suivre les mouvements.

Supposons l'objet immobile [2]; le flux lumineux Φ reçu par la cellule pourra être représenté par une fonction de période $1/12^e$ de seconde. Pour que la transmission soit correcte, il suffit qu'à chaque instant l'intensité lumineuse de la lampe à néon à l'arrivée soit proportionnelle à Φ.

Remarquons que Φ peut être considéré comme la somme d'un flux à variation sinusoïdale en fonction du temps de fréquence $F = 12$ et de divers

---

[1] Séance du 29 février 1932.

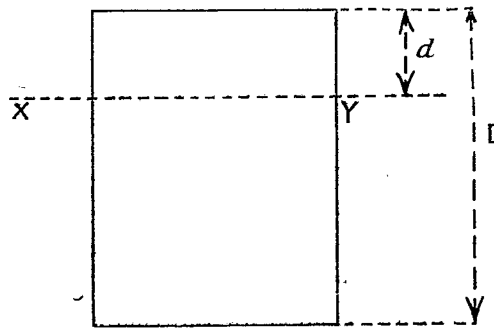
[2] Dans le cas où l'objet n'est pas immobile devant l'analyseur optique, il se produit une déformation de la fonction Φ, sans influence sur la qualité de la transmission pourvu que la vitesse de déplacement reste faible.

harmoniques dont les fréquences sont comprises entre $F = 12$ et la fréquence limite F_1 correspondant au plus petit détail transmissible ([1]).

Comme par hypothèse nous utilisons dans les parties rectilignes des caractéristiques, une variation sinusoïdale de flux au départ donnera lieu à une variation sinusoïdale d'intensité lumineuse de la lampe à néon à l'arrivée.

Nous obtiendrons donc une bonne transmission si le fondamental et chacun des harmoniques se reproduisent au récepteur avec des amplitudes proportionnelles à celles qu'ils avaient respectivement dans l'émetteur et avec des retards constants.

C'est une méthode propre à vérifier ces points que nous allons étudier :



Plaçons devant l'analyseur optique, que nous supposerons à exploration verticale ([2]), un papier (ayant les dimensions maxima de l'image transmissible) dont la densité photographique, constante le long d'une même horizontale xy, ait, le long d'une ordonnée, une répartition sinusoïdale ([3]) :

$$\delta = \delta_0 \sin 2\pi\lambda \frac{d}{D},$$

λ étant une constante entière. Nous recevrons sur la cellule, si N est le nombre de balayages de l'exploration, n le nombre de tours par seconde du système tournant (en général 12), un flux sinusoïdal en fonction du temps de fréquence $F = \lambda n N$.

([1]) Les dimensions minima des détails transmissibles dépendent du nombre de balayages dans l'exploration de l'objet et par suite du nombre de trous ou de miroirs du système tournant.

([2]) Dans le cas d'exploration horizontale, il suffira d'employer le même papier tourné de $\pi/2$.

([3]) Un tel papier peut être réalisé facilement par procédé mécano-photographique.

D'après ce qui a été dit plus haut, il est facile de voir que nous obtiendrons à l'arrivée sur l'écran une image dont les éclairements en chacun des points reconstitueront la disposition sinusoïdale des densités photographiques au départ.

Un dispositif spécial nous a permis de vérifier expérimentalement ce point et de mesurer l'amplitude E à l'arrivée, c'est-à-dire la différence des éclairements entre l'horizontale $x'y'$ la plus éclairée et l'horizontale $x''y''$ la plus sombre.

Plaçons maintenant successivement devant l'analyseur optique des papiers pour lesquels $\lambda = \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \ldots, \lambda_n$ et ayant tous des densités de même amplitude.

Nous obtenons à l'arrivée les amplitudes correspondantes

$$E_1, \quad E_2, \quad E_3, \quad \ldots, \quad E_n.$$

Il nous est alors possible de tracer la courbe des amplitudes E en fonction de λ, c'est-à-dire des fréquences F, pour le fonctionnement total de la transmission.

On peut déceler immédiatement les fréquences qui sont partiellement arrêtées ou exagérées. Il est facile ensuite d'introduire des dispositions de correction et de les régler par approximations successives en contrôlant chaque fois le résultat obtenu par la méthode indiquée ci-dessus.

Par ce moyen, il nous a été possible de réaliser de façon satisfaisante une transmission de télévision par ligne téléphonique ordinaire de 10^{km} de longueur ([1]).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la structure fine des rayons α du* ThC. Note de MM. **S. Rosenblum** et **M. Valadares**, présentée par M. A. Cotton.

Dans le but de préciser les résultats donnés par l'un de nous ([2]) sur les rayons α de long parcours ([3]) émis par ThB + C + C′ nous avons repris les expériences sur les rayons α du ThC à l'aide du grand électro-aimant de l'Académie des Sciences. Le dispositif expérimental était le même, mais nous

---

([1]) Cette méthode est également applicable dans la télévision par T. S. F., et même dans le cas d'une transmission mixte par ligne et par T. S. F.

([2]) S. Rosenblum, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 848.

([3]) E. Rutherford, Wynn Williams et Lewis, *Proc. Roy. Soc.*, A, **133**, 1931, p. 684.

avons amélioré les conditions des expériences (intensité rayonnante plus grande, temps de pose plus long, champ plus régulier, développement lent des plaques photographiques). Nous avons obtenu des images plus nettes pour les raies précédemment désignées par α_{II} et α_I (parcours $9^{cm},8$ et $11^{cm},5$ dans l'air); sur le cliché le plus exposé on aperçoit une nouvelle raie α_{III}, très voisine de α_{II}, mais dont l'existence ne nous semble pas encore définitivement établie.

D'autre part nous signalons l'existence d'une raie nouvelle très faible α_5 dans la structure fine des rayons α attribuée au thorium C et nous confirmons cgalement l'existence de la raie α_4 qui avait été donnée comme douteuse par l'un de nous (1).

Dans le tableau I sont dounées les vitesses (2) et les énergies correspondant aux particules α émises par le ThC + C'; le tableau II contient leurs différences énergétiques et les énergies des rayons γ émis par le ThC + C'', une quatrième colonne contient les énergies des rayons β, d'après Black (3), qui ont permis de calculer celles des rayons γ.

Tableau I.

Raies.	Vitesses des particules $\alpha \times 10^{-9}$ cm/sec.	Énergies des particules α en ε KV $\times 10^{-3}$.	Raies.	Vitesses des particules $\alpha \times 10^{-9}$ cm/sec.	Énergies des particules α en ε KV $\times 10^{-3}$.
α_I	$2,24_8$	$10,5_2$	α_1	1,709	6,072
(α_{III}?)	(2,14)	(9,6)	α	$1,703_6$ (4)	6,032
α_{II}	$2,13_1$	$9,4_5$	α_2	1,663	5,747
ThC'	2,053	8,770	α_4	1,642	5,604
			α_3	1,639	5,584
			α_5	1,621	5,458

(1) S. Rosenblum, *Journal de Physique et le Radium*, 7e série, 1, 1930, p. 438-444.

(2) Ces valeurs sont calculées en utilisant les données préliminaires d'une nouvelle étude de la topographie du champ magnétique utilisé dans ces expériences et les valeurs pour ThC' et ThC sont en parfait accord avec les nombres donnés par Briggs. Un travail détaillé sur les vitesses absolues de certains groupes de rayons α sera prochainement publié par l'un de nous et M. Dupouy.

(3) Black, *Proc. Roy. Soc.*, A, 109, 1925, p. 166.

(4) S. Rosenblum, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 848.

TABLEAU II.

Raies.	Différences énergétiques en ε KV (¹).	Énergies des rayons γ en KV.	Énergies des rayons β correspondants aux rayons γ en ε KV.
$\alpha-\alpha_1$	40,6	40,8	25,2; 25,9; 27,8 36,9; 38,0; 39,8
$\alpha-\alpha_2$	291	292	204,2; 275,6
$\alpha-\alpha_3$	457		
$\alpha-\alpha_4$	437	439	351,5
$\alpha-\alpha_5$	585	590	502,5; 572,9
$\alpha_1-\alpha_2$	332	332	244,6
$\alpha_1-\alpha_3$	498		
$\alpha_1-\alpha_4$	477	479	391,3
$\alpha_1-\alpha_5$	627	627	540,0
$\alpha_2-\alpha_3$	166	163	75,8
$\alpha_2-\alpha_4$	146	145	57,7; 128,3
$\alpha_2-\alpha_5$	295	292	204,2; 275,6
$\alpha_3-\alpha_4$	20,7		
$\alpha_3-\alpha_5$	128	128	40,4
$\alpha_4-\alpha_5$	150		

La découverte de la raie α_5 permet de déterminer cinq nouvelles différences énergétiques et de compléter le tableau des coïncidences numériques entre ces différences et les énergies des rayons γ.

Quelle que soit l'interprétation [2] définitive de la structure fine, sa liaison numérique étroite avec le rayonnement γ ne peut plus être mise en doute.

Nous ajoutons qu'il nous a été possible, avec le même dispositif expérimental, de mettre en évidence l'existence de nouvelles raies dans le spectre magnétique β du ThB + C + C' (région de $H\rho < 700$ cm/gauss). Ces raies figurent dans le tableau III.

(¹) Dans le calcul des différences énergétiques on a tenu compte de la correction correspondant au recul de l'atome qui émet la particule α.

(²) N. FEATHER, *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 1558-1565; G. GAMOW, *Constitution of atomic nuclei and radio-activity*, 1931; THIBAUD, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 656.

Tableau III. — $H\rho$ en cm/gauss.

Black.	Rosenblum Valadares.	Intensité
541	541	très forte
-	542	moyenne
548	548	forte
568	569	très faible
658	658	très forte
-	660	faible
668	668	très faible
684	683	forte
689	689	faible

On peut interpréter la nouvelle raie $H\rho = 542$ et la raie $H\rho = 668$ en admettant qu'elles sont produites par un nouveau rayonnement γ de l'ordre de 40 kilovolts.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'intervention d'équilibres d'oxydation-réduction dans la perméabilité d'une membrane.* Note de M. **P. Reiss**, présentée par M. A. d'Arsonval.

Une membrane de collodion imbibée d'eau est perméable, d'une part à des réducteurs forts en solution, et d'autre part à toute une série de colorants tampons d'oxydation-réduction (bleu de Nil, bleu de crésyle, phénosafranine). Les expériences suivantes montrent que cette perméabilité présente de notables modifications si les réducteurs et les colorants sont en présence simultanément et peuvent réagir ensemble.

Le dispositif utilisé consiste en une membrane de collodion obtenue par le procédé habituel, serrée entre deux cupules à larges bords rodés et fixés par un dispositif approprié. A travers la membrane, on met en présence deux solutions aqueuses dont l'une contient un réducteur fort. Chaque cupule, d'autre part, a deux tubulures, l'une portant une électrode de platine, l'autre établissant la liaison avec une demi-pile au calomel. On peut ainsi mesurer les potentiels d'oxydation-réduction des deux solutions pendant l'expérience et suivre l'équilibration du réducteur à travers la membrane. Dans les conditions de nos expériences, les compartiments contiennent 30^{cm^3}, et la lame de collodion de séparation a 10^{cm^2} de surface libre.

Si les deux compartiments contiennent exclusivement des solutions de

réducteur (hydrosulfite de Na ou chlorure de Ti) de concentrations différentes, en l'absence de colorants, l'équilibre est sensiblement atteint dans un temps ne dépassant pas 24 heures.

Il n'en est plus de même, si l'on prend une membrane colorée par un tampon d'oxydation-réduction et qu'on examine sa perméabilité aux réducteurs forts, ou encore si l'on place d'un côté d'une membrane une solution du même colorant oxydé (tamponné pour le pH par des phosphates) et de l'autre une solution du même colorant réduit (même en présence d'un excès d'hydrosulfite). Un exemple montre l'évolution d'un tel système :

Membrane colorée à la nigrosine, compartiments remplis d'eau distillée; on ajoute dans l'un $0^{cm^3},1$ de la solution commerciale de chlorure de Ti; on ferme hermétiquement. Les potentiels d'oxydation-réduction des compartiments sont + 345 (eau distillée) et — 310 mV ($TiCl^2$); la différence de potentiel mesurée entre les électrodes de platine est 650 mV. Les potentiels restent invariables pendant 3 jours. Le 4e jour les potentiels (dans le même ordre que précédemment) deviennent + 330, — 210 et 550 mV; le 6e jour + 320, + 305 et 25 mV. La solution de chlorure de Ti s'est troublée et, à l'ouverture des récipients, elle ne se montre plus réductrice.

Dans toutes les expériences de ce type on n'observe pendant les premiers jours qu'une faible tendance à l'équilibration des potentiels [1]; ce n'est que dans une phase finale que disparaissent (vraisemblablement par une destruction sur place de l'hyposulfite ou une précipitation du sel de Ti) la différence de potentiel entre les deux solutions en présence et leur pouvoir réducteur.

Le déséquilibre initial entre les deux compartiments séparés par une membrane colorée se maintient tant que la membrane en contact avec la solution réductrice reste colorée; mais si le réducteur est capable de réduire le colorant fixé sur la membrane, l'équilibre s'établit rapidement, comme si cette membrane ne contenait pas de colorant; celui-ci y persiste cependant à l'état réduit. L'imperméabilité paradoxale de la membrane colorée n'existe que pour les réducteurs; la membrane reste parfaitement perméable pour des molécules grosses, mais indifférentes au point de vue oxydation-réduction. Le tableau ci-après montre par quelques exemples la différence considérable de vitesse avec laquelle le système aboutit à l'égalisation des potentiels, suivant que la membrane est colorée ou non.

---

(1) Dans une expérience témoin à membrane non colorée la différence de potentiel disparaît presque complètement en 19 heures.

Numéro de l'expérience.	Colorant.	Réducteur.	Durée de l'expérience.	Potentiel initial.	Potentiel. final.
		Membrane incolore.			
39......	néant	hydrosulfite	3 heures	680 mV	0 mV
77......	»	chlorure de Ti	19 »	680 »	225 »
		Membrane décolorée par un excès de réducteur.			
15......	bleu de crésyle	hydrosulfite	1 jour	760 mV	70 mV
47......	phénosafranine	chlorure de Ti	8 heures	665 »	60 »
		Membrane restée colorée pendant l'expérience.			
				Potentiel après 24 heures.	
13......	bleu de Nil	hydrosulfite	4 jours	300 mV	230 mV
19......	bleu de crésyle	»	3 »	450 »	450 »
31......	phénosafranine	»	3 »	690 »	560 »
70......	nigrosine	»	5 »	510 »	350 »
49......	phénosafranine	chlorure de Ti	2 »	670 »	632 »
57......	nigrosine	»	5 »	640 »	550 »

Le blocage de la perméabilité pour les réducteurs forts semble donc en relation avec la présence dans la membrane d'un corps présentant un équilibre d'oxydation-réduction réversible. Nous avons ainsi un nouvel exemple de l'intervention de facteurs électriques dans la perméabilité d'une membrane. On peut rapprocher de ces faits d'une part les phénomènes de polarisation électrique des membranes par adsorption d'ions (Girard) et d'autre part les modifications des pK d'indicateurs de pH fixés sur une membrane (Vlès) (1). Dans les deux phénomènes on admet l'existence d'actions électrostatiques, susceptibles elles-mêmes d'intervenir pour modifier la perméabilité d'une membrane à des ions.

(1) Dans nos expériences les Eh des colorants fixés sur la membrane de collodion se trouvent effectivement modifiés : les membranes se décolorent à des potentiels notablement plus bas que le colorant en solution et elles peuvent se colorer dans une solution du colorant réduit.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les alliages argent-cuivre*. Note de MM. **W. Broniewski** et **S. Koslacz**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Parmi les alliages précieux, ceux de l'argent avec le cuivre, connus depuis les temps les plus anciens, sont encore actuellement les plus répandus, surtout pour la frappe des monnaies et les services de table. Ils ont une structure très simple formée par deux solutions solides limites et leur mélange, ce qui fait citer, comme exemples classiques dans les cours de métallographie, les diagrammes de leurs propriétés physiques en fonction de la composition.

Notre étude avait pour but la détermination de quinze paramètres, dont cinq seulement avaient été étudiés précédemment.

Les résultats obtenus sont reproduits sur la figure ci-après.

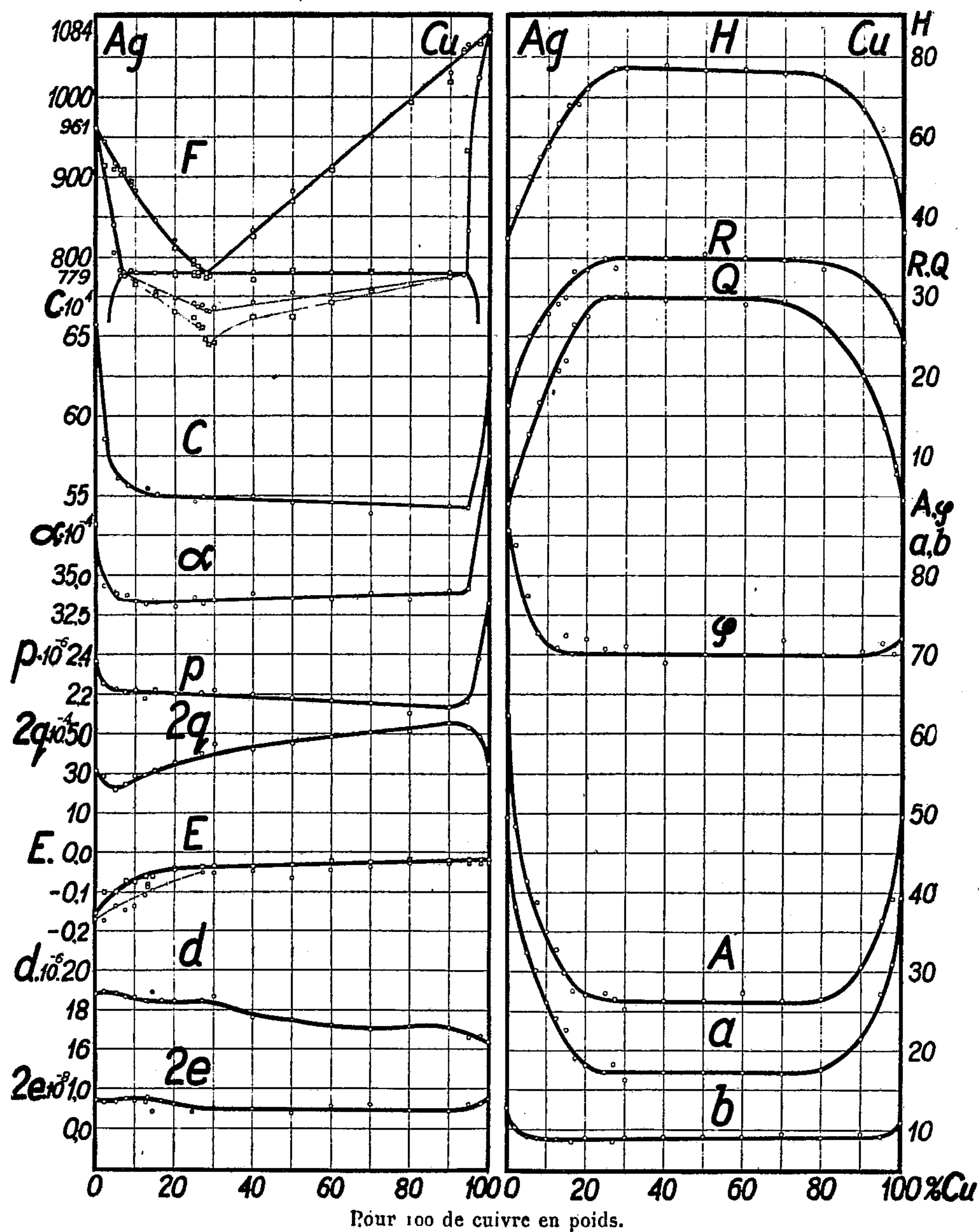
L'analyse thermique était faite par enregistrement photographique, très lent, à l'échauffement (après recuit) et au refroidissement. Le diagramme F nous indique l'eutectique à 779° et à 71 pour 100 d'argent. Les solutions solides au solidus, fixées par les courbes de paliers et la micrographie, paraissent s'étendre à 7 pour 100 du côté de l'argent et à 6 pour 100 du côté du cuivre. Ces chiffres sont supérieurs à ceux des anciennes études (Lepkowski, 1908) et quelque peu inférieurs aux données des recherches récentes (Stockdale, 1931).

Les propriétés physiques et mécaniques furent étudiées sur les alliages fondus dans des creusets de graphite au four à cryptol et transformés en fils de 5^{mm} de diamètre. Le recuit se faisait 12 heures à 650° dans de l'anhydride carbonique. Les mesures étaient faites par des procédés qu'un de nous avait déjà eu l'occasion d'appliquer à d'autres alliages [1].

Les courbes de la conductivité électrique (C), du coefficient de température de la résistance (α) et de la dureté (H) diffèrent quelque peu par leur valeur absolue de celles qui furent établies par MM. Kurnakow, Puschin et Senkowski (1910), mais s'en rapprochent sensiblement par l'allure générale. La courbe de la force électromotrice de dissolution (E) montre, au voisinage du cuivre, une allure différente de celle indiquée par M. Herschkowitsch (1898).

---

[1] *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1615; 187, 1928, p. 651; 190, 1930, p. 1412; 193, 1931, p. 38.



Pour 100 de cuivre en poids.

F, courbe de fusibilité au refroidissement (cercles) et à l'échauffement (carrés); C, conductivité électrique à 0°; α, coefficient de température de la résistance électrique entre 0° et 100°; *p*, pouvoir thermo-électrique à 0° par rapport au plomb; 2*q*, variation du pouvoir thermo-électrique entre — 78° et + 100°; E, valeur maxima et minima de la force électromotrice de dissolution dans une solution de sulfate de cuivre par rapport à une électrode normale; *d*, coefficient de dilatation à 0°; 2*e*, variation du coefficient de dilatation entre 17° et 444°; H, dureté Brinell; R, résistance à le traction; Q, limite élastique; φ, striction en pour 100; A, allongement total à la rupture en pour 100; *a*, allongement proportionnel; *b*, allongement par striction = A — *a*.

Sur les diagrammes des propriétés mécaniques (H, R, Q, α, A, *a* et *b*), la partie moyenne, peu différente d'une droite et censée représenter les mélanges, est de beaucoup plus restreinte que le domaine de ces mélanges. Ceci montre que tous les alliages en question subissent facilement un traitement thermique qui les améliore, par le simple fait d'un refroidissement dans l'air après recuit. Le dépôt de cristaux très petits provenant de la décomposition partielle des solutions solides, en est probablement la cause. Par un refroidissement assez lent, les limites des solutions solides peuvent être réduites au voisinage de 1 pour 100 à la température ordinaire.

Tous les alliages argent-cuivre, préparés dans une atmosphère réductrice, sont malléables et manifestent une forte striction (φ) et un allongement satisfaisant à la rupture (A). Il est à remarquer que cet allongement est dû surtout à l'amincissement uniforme de l'éprouvette (*a*) alors que la striction produit une augmentation de l'allongement (*b*) moins forte et sensiblement constante.

Par contre, la fusion des alliages argent-cuivre dans un milieu oxydant donne lieu à la formation de l'oxydule de cuivre, soluble dans l'alliage et modifiant sensiblement ses propriétés physiques et mécaniques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des amines primaires sur le sulfate de dicyandiamidine*. Note (1) de M. A. **Perret**, présentée par M. G. Urbain.

Pour transformer la dicyandiamidine en guanidine, on a préconisé successivement l'oxydation par $KClO^3 + HCl$ (2), ensuite plus récemment, l'hydrolyse sous pression en présence de sels métalliques (3), et finalement l'hydrolyse ménagée de la base sous l'action de l'acide carbonique (4). Nous nous sommes proposé d'étudier l'action des bases primaires sur le sulfate acide de dicyandiamidine. On pouvait espérer réaliser des condensations d'amines avec la guanidine par destruction de la fonction $-CONH^2$ sous l'action hydrolysante de la fonction acide libre. Contrairement à notre attente, nous avons observé, lorsque la température est suffisante, une transformation de la dicyandiamidine pouvant devenir quantitative en sulfate de guanidine et d'urée symétrique correspondant à la base employée,

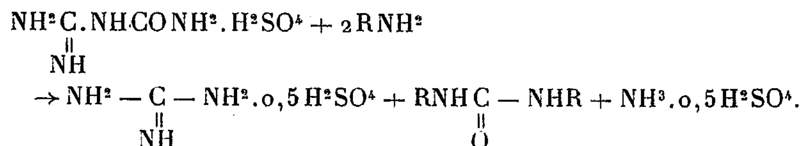
(1) Séance du 2 février 1932.

(2) Baumann, *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, 7, 1874, p. 1771.

(3) D. R. P., 242216, 1911.

(4) Merck, D. R. P., 458437.

accompagnée de formation de sulfate d'ammonium. La réaction correspond au schéma



$$\underset{\underset{NH}{\|}}{NH^2C}.NHCONH^2.H^2SO^4 + 2RNH^2$$
$$\to NH^2 - \underset{\underset{NH}{\|}}{C} - NH^2.0,5H^2SO^4 + RNH\underset{\underset{O}{\|}}{C} - NHR + NH^3.0,5H^2SO^4.$$

Cette réaction est générale, mais le rendement en guanidine et en urée est en relation étroite avec la force de la base employée.

1° *Action des bases aromatiques primaires.* — Par chauffage à reflux de la solution aqueuse de sulfate acide de dicyandiamidine avec l'aniline on le transforme en sulfate neutre. Par contre, en chauffant en tube scellé vers 120° C., on transforme les produits initiaux avec un rendement de 70 pour 100 suivant le schéma précédent. Le défaut provient de l'action hydrolysante exercée par l'acidité du milieu sur la dicyandiamidine. La réaction se passe d'une façon identique avec les toluidines, les xylidines, les naphtylamines, etc.

2° Les bases un peu plus faibles, parachloraniline et métanitraniline, conduisent aux mêmes résultats, mais avec des rendements plus faibles. Avec la 3.4-dichloraniline on parvient à la N.N'-3.4-dichlorphénylurée de P. F. 256° avec un rendement de 15 à 20 pour 100. Tandis qu'avec la base très faible orthochloraniline la réaction ne se produit pas.

3° *Action des diamines.* — Ces bases fortes très solubles dans l'eau conduisent dans le cas de l'ortho et de la métaphénylènediamine à l'obtention des urées polymérisées $(C^7H^6ON^2)^x$ avec des rendements voisins de 50 pour 100. D'autre part, avec la 4-chlormétaphénylènediamine on obtient par suite de l'affaiblissement des propriétés basiques de la fonction amine voisine de l'halogène, la 4.4'-chlor-bis-métaphénylènediamine urée de P. F. 252-253°.

Par contre dans le cas de l'action des parachlororthoanisidines et paranitroorthoanisidines, seule la première de ces bases conduit à la 4.4'-chlor-bis-orthoanisidine urée de P. F. 248° avec un rendement d'environ 5 pour 100.

Les amines monosubstituées par suite du peu de mobilité de leur atome d'hydrogène ne se prêtent pas à cette transformation. En chauffant dans les conditions précédentes, la monométhylaniline ou la diéthylamine on ne parvient pas aux urées correspondantes.

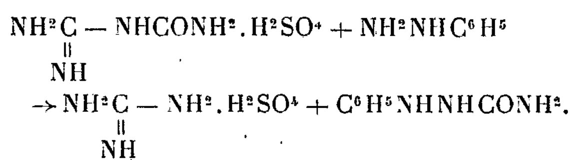
Les bases primaires aliphatiques ou *arylaliphatiques* d'autre part se prêtent avec des rendements variables à cette réaction. Par exemple la benzylamine conduit très rapidement et avec un rendement presque quantitatif à la dibenzylurée. La méthylamine vraisemblablement par suite de la grande solubilité de ses produits de réaction ne conduit à la monométhylurée qu'avec un rendement atteignant à peine 10 pour 100.

Ces résultats montrent que cette transformation est en étroite relation, d'une part, avec la mobilité des atomes d'hydrogène de l'amine et d'autre part avec la présence de la fonction acide libre. En effet si on la neutralise, la réaction ne se produit pas dans le cas des bases aromatiques.

Il en est de même si l'on emploie les chlorhydrates de ces bases, par suite de la trop rapide hydrolyse de la fonction $CONH^2$.

Dans tous les cas, cependant le rendement en guanidine est fort influencé par la présence des éléments de l'acide sulfurique et est d'autant meilleur, que la durée de chauffage est plus courte.

L'action de la phénylhydrazine conduit à l'obtention de sulfate de guanidine et de la phénylsemicarbazide par une réaction d'un autre type mettant en jeu la totalité de la fonction amide de la dicyandiamidine et pouvant se représenter par le schéma



$$NH^2C(=NH)-NHCONH^2.H^2SO^4 + NH^2NHC^6H^5$$
$$\rightarrow NH^2C(=NH)-NH^2.H^2SO^4 + C^6H^5NHNHCONH^2.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isomérisation du phénylglycide (phényl-3-époxy-2.3-propanol-1). Capacité affinitaire du groupement alcool primaire.* Note de M. **P. Weill** et Mlle **Madeleine Darmon**, présentée par M. A. Béhal.

Alors que l'étude des capacités affinitaires relatives des principaux radicaux carbonés se trouve déjà avancée, celle concernant les groupes fonctionnels n'est qu'à peine ébauchée. On n'a examiné jusqu'ici que les groupements CH^2OR et $CO^2C^2H^5$ qui ont été comparés au phényle, l'un dans la fixation de l'acide hypoiodeux sur l'éther cinnamylméthylique où C^6H^5 l'emporte sur CH^2OCH^3 ([1]), l'autre dans l'isomérisation de l'éther phénylglycidique, où $CO^2C^2H^5$ l'emporte sur C^6H^5 ([2]).

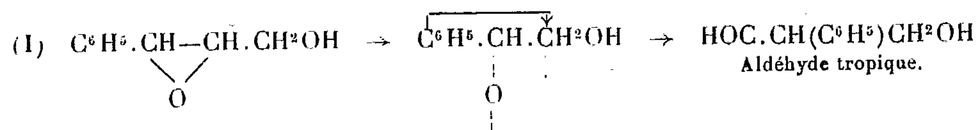
On conçoit que l'étude de l'isomérisation du phénylglycide puisse, comme l'isomérisation des éthers phénylglycidiques, renseigner sur les

---

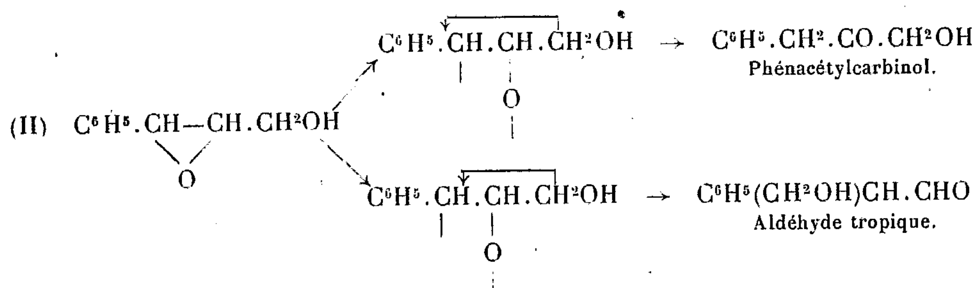
([1]) Beaufour, *Bull. Soc, chim.*, 13, 1913, p. 349.

([2]) Tiffeneau, Jeanne Levy, *An. As. Chim. Arg.*, 16, 1928, p. 144; *Bull. Soc. chim.*, 43, 1928, p. 306; 45, 1929, p. 25.

capacités affinitaires relatives du phényle et du groupement CH^2OH. En effet, suivant que dans ce composé la rupture de l'oxygène pontal a lieu dans un sens ou dans l'autre, on peut, comme le montrent les représentations suivantes, conclure à la prédominance de l'un des substituants sur l'autre :



Rupture à droite : capacité affinitaire prédominante du CH^2OH.



Rupture à gauche : capacité affinitaire prédominante du phényle.

L'isomérisation du phénylglycide nous ayant fourni le phénacétylcarbinol en quantité prépondérante (¹), nous sommes en mesure de conclure que la réaction se passe conformément au schéma (II *a*) et que, par conséquent, la capacité affinitaire du groupement CH^2OH, comme celle du groupement CH^2OCH^3, est inférieure à celle du radical phényle.

Oxydation de l'alcool cinnamique. — L'alcool cinnamique a été oxydé à 0° par une solution chloroformique d'acide perbenzoïque (²). Après neutralisation par le carbonate de soude, on sépare par distillation à 147° sous 13^{mm}, le phénylglycide pur qui, fortement refroidi, se prend en une masse blanche fusible à 25° (rendement 45 pour 100).

Isomérisation du phénylglycide. — On projette goutte à goutte 16^g de phénylglycide dans un tube Pyrex empli d'agglomérés de terre d'infusoires portés à 275° sous pression réduite d'azote (15^{mm}). On obtient ainsi une huile dont on sépare par distillation, d'une part 6^g de phénylacétaldéhyde, et d'autre part le produit d'isoméri-

(¹) A côté du cétol, on trouve dans les eaux mères de cristallisation un peu d'une huile qui, oxydée par l'oxyde d'argent, se transforme en un acide fusible vers 152°, qui pourrait être l'acide phénylmalonique.

(²) K. Bodendorf (*Arch. d. Pharm.*, 268, 1930, p. 491) a effectué cette oxydation pour en déterminer la vitesse, mais sans isoler le produit formé.

sation de l'oxyde passant à 144-145° sous 13mm. Purifié par cristallisation dans l'alcool et l'éther de pétrole (F. 47-48°), ce produit réduit la liqueur de Fehling et fournit une oxime fusible à 118°.

Identification. — Le produit d'isomérisation, soumis à l'oxydation argentique d'après la technique de Einhorn (¹) fournit l'acide phénylacétique. Or, seul des deux isomères prévus par les schémas donnés plus haut, le phénacétylcarbinol peut fournir cet acide par une transformation déjà signalée dans le cas du benzoylcarbinol, son homologue inférieur (²). L'analogie de comportement se poursuit aussi dans l'action de la chaleur. Nous avons constaté en effet la transformation par la chaleur du phénacétylcarbinol en phénylacétaldéhyde, analogue à celle du benzoylcarbinol en benzaldéhyde, réalisée par Hunaeus et Zincke (²). D'ailleurs, la présence de phénylacétaldéhyde dans l'isomérisation du phénylglycide ne peut s'expliquer, dans les conditions d'expérience, que par une dégradation du cétol, produit d'isomérisation normal, sous l'influence de la chaleur.

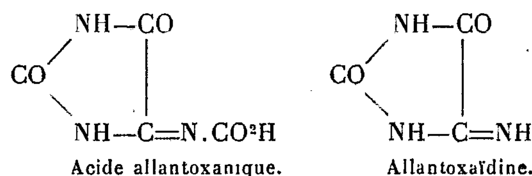
Conclusions. — 1° L'isomérisation du phénylglycide (phényl-3-époxy-2.3-propanol-1) fournit, en proportion prépondérante, le phénacétylcarbinol partiellement transformé par la chaleur en phénylacétaldéhyde.

2° La capacité affinitaire du groupement alcool primaire est inférieure à celle du radical phényle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les combinaisons de l'acide allantoxanique et de l'allantoxaïdine avec les bisulfites alcalins.* Note de M. **J. Bougault** et Mlle **Pinguet**, présentée par M. A. Béhal.

Au cours de recherches sur l'oxydation de l'allantoïne par l'iode, nous avons constaté que les allantoxanates alcalins et l'allantoxaïdine possèdent la propriété de fixer instantanément une molécule de bisulfite alcalin pour donner des combinaisons bien cristallisées, peu solubles dans l'eau.

Nous avons préparé ces combinaisons en ajoutant, à une solution aqueuse saturée et froide d'allantoxanate alcalin ou d'allantoxaïdine, une solution aqueuse



Acide allantoxanique. Allantoxaïdine.

(¹) Einhorn, *Ber. d. chem. Ges.*, 26, 1893, p. 452.

(²) Hunaeus et Zincke (*Ber. d. chem. Ges.*, 10, 1877, p. 1487), Zincke (*An.*, 266, 1883, p. 305) ont constaté que le benzoylcarbinol fournit l'acide benzoïque par oxydation argentique.

concentrée de bisulfite de sodium ou de métabisulfite de potassium. La précipitation est instantanée, sauf dans le cas de la combinaison bisulfitique sodique de l'allantoxanate de sodium qui n'est pas beaucoup moins soluble que l'allantoxanate de sodium lui-même.

On peut se représenter ces combinaisons comme résultant de la fixation du bisulfite alcalin sur la double liaison de l'acide allantoxanique et de l'allantoxaïdine.

Combinaison bisulfitique potassique de l'allantoxanate de potassium $C^4H^2O^4K$, SO^3KH, $2OH^2$. — Ce corps est cristallisé. peu soluble dans l'eau froide (1 partie dans 240 parties d'eau à 15° environ), encore moins soluble dans les solutions concentrées de sels de potassium, insoluble dans l'alcool et dans l'éther.

Les acides minéraux, même très dilués, le décomposent avec dégagement de gaz sulfureux.

L'iode oxyde la molécule de bisulfite et régénère l'allantoxanate de potassium si l'on opère en présence de bicarbonate ou d'acétate de potassium.

Nous avons déterminé le poids moléculaire de ce corps par acidimétrie et iodométrie; nous y avons en outre dosé, le potassium le soufre et l'azote. Les chiffres trouvés s'accordent étroitement avec la formule écrite plus haut.

Combinaison bisulfitique sodique de l'allantoxanate de sodium $C^4H^2O^4Na$, SO^3NaH, $2OH^2$. — Ce corps est beaucoup plus soluble dans l'eau que le précédent (1 partie dans 49 parties d'eau à 15°). Les mêmes déterminations analytiques ont donné des chiffres s'accordant très bien avec la formule ci-dessus.

Combinaison bisulfitique potassique de l'allantoxaïdine $C^3H^3O^2N^3$, SO^3KH, OH^2. — Cette combinaison est assez soluble dans l'eau (1 partie dans 57 parties d'eau à 21°), insoluble dans l'alcool et l'éther. Les acides minéraux la décomposent en régénérant l'allantoxaïdine.

L'iode oxyde le bisulfite, mais la réaction est beaucoup plus lente qu'avec les combinaisons des allantoxanates. Pour obtenir sûrement l'oxydation totale se prêtant à un dosage iodométrique, il faut traiter par l'acide chlorhydrique en présence d'un excès d'iode.

Outre le dosage iodométrique, nous avons effectué des dosages de potassium, soufre et azote. Les chiffres obtenus s'accordent exactement avec la formule donnée ci-dessus.

Combinaison bisulfitique sodique de l'allantoxaïdine $C^3H^3O^2N^3$, SO^3NaH, OH^2. — Cette combinaison est moins soluble que le dérivé potassique cor-

respondant (1 partie dans 95 parties d'eau à 21°). Les mêmes analyses nous ont conduit à la formule indiquée.

Conclusions. — 1° Le bisulfite de sodium ou de potassium peut être utilisé comme réactif des allantoxanates et de l'allantoxaïdine.

2° La combinaison bisulfitique potassique de l'allantoxanate de potassium et la combinaison bisulfitique sodique de l'allantoxaïdine se recommandent, par leur faible solubilité dans l'eau, comme les plus intéressantes au point de vue analytique.

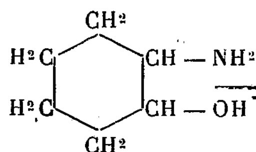
3° Le dosage iodométrique de ces combinaisons permet de caractériser rapidement les uréides qui leur ont donné naissance, en opérant sur une petite quantité de produit.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le dédoublement de l'o-aminocyclohexanol en ses antipodes optiques.* Note de MM. **R.-Marcel Godchot** et **Max Mousseron**, présentée par M. M. Delépine.

1. Jusqu'ici, très peu élevé est le nombre de racémiques à structure simple appartenant à la série cyclohexanique qui ont pu être dédoublés en leurs antipodes optiques; parmi eux citons l'acide trans-hexahydrophtalique (1), le trans-orthocyclohexanediol (2), les ortho- et métaméthylcyclohexanols (3).

La présente Note a pour but de montrer qu'il est facile de scinder l'*o*-aminocyclohexanol en ses énantiomorphes droit et gauche.

2. L'*o*-aminocyclohexanol



qui peut exister sous deux formes *cis* et *trans*, toutes deux dédoublables, n'est connu jusqu'ici que sous l'une d'entre elles (F = 66°), obtenue pour la première fois par Brunel (4) par action de l'ammoniaque concentrée à 120° sur l'époxycyclohexane. On ignore d'ailleurs actuellement si ce procédé de

(1) Werner et Conrad, *D. chem. Ges.*, 32, 1899, p. 3048.
(2) Derx, *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, 41, 1922, p. 333.
(3) Gough, Hunter et Kenyon, *Journ. Chem. Soc.*, 129, 1926, p. 2063.
(4) *Comptes rendus*, 137, 1903, p. 199.

préparation fournit le dérivé *cis* ou le dérivé *trans;* cependant, l'action de l'eau sur l'époxycyclohexane engendrant le glycol *trans*, on peut supposer, sans pouvoir l'affirmer, que l'action de l'ammoniaque sur le même oxyde doit conduire probablement à l'*o*-aminocyclohexanol *trans;* on le désignera pour l'instant par la lettre α.

3. Pour effectuer le dédoublement de cette base racémique α, on s'est adressé à divers sels préparés à l'aide d'acides actifs; l'acide malique gauche, l'acide quinique gauche, l'acide bromocamphosulfonique droit ne fournissant pas de sels relativement peu solubles et facilement cristallisables, on a adopté l'acide tartrique droit : en effet, si l'on dissout dans l'alcool absolu des quantités équimoléculaires d'acide et d'amino-alcool, on précipite à l'état cristallin le tartrate droit de la base racémique; ce sel est fusible à 152-153° et son pouvoir rotatoire est $\alpha_0 = +17°,25$. On reprend ensuite à chaud ce sel dans l'alcool à 80°; il se dépose par refroidissement 20 à 25 pour 100 du produit mis en œuvre; examiné après une deuxième cristallisation dans l'alcool à 80°, le pouvoir rotatoire reste invariable ($\alpha_0 = -2°,73$) et l'analyse prouve que l'on a en mains le tartrate d. de l'*o*-aminocyclohexanol α gauche (F. = 177-178°). En poursuivant la cristallisation alcoolique fractionnée, on obtient un dépôt de tartrate qui, purifié plusieurs fois, fournit le tartrate d. de l'*o*-aminocyclohexanol α droit ($\alpha_0 = +31°,2$, F. = 170-171°).

En remplaçant initialement l'acide tartrique d. par l'acide tartrique l., et en fractionnant dans l'alcool à 80°, le tartrate l. de l'*o*-aminocyclohexanol α racémique ($\alpha_0 = -17°,45$, F. = 152-153°), on obtient tout d'abord le tartrate l. de l'*o*-aminocyclohexanol α droit ($\alpha_0 = +2°,77$, F. = 177-178°), puis le tartrate l. de l'amine l. ($\alpha_0 = -31°,2$, F. = 170-171°). Étant donné le prix très élevé de l'acide tartrique gauche, il est certain que le premier procédé basé sur le fractionnement du tartrate droit est le seul pratique; mais on a tenu néanmoins à l'employer sous une faible échelle pour atteindre et comparer les quatre tartrates d. et l. des bases d. et l. : $\overset{+}{A}\overset{+}{B}$, $\overset{+}{A}\overset{-}{B}$, $\overset{-}{A}\overset{+}{B}$, $\overset{-}{A}\overset{-}{B}$ (¹).

4. A partir des tartrates d. des *o*-aminocyclohexanols α, droit et gauche, il a été possible d'obtenir à l'état pur les bases d. et l. de la façon suivante : la base active, isolée de son tartrate par l'action de la potasse, est traitée en milieu éthéré par l'acide chlorhydrique gazeux et sec; les deux chlorhydrates cristallisés ($\alpha_D = \pm 31°,60$, F. = 147-148°)

(¹) A désigne l'acide tartrique, B l'*o*-amino-cyclohexanol.

sont ensuite décomposés en solution aqueuse concentrée par la potasse et les bases actives extraites par le chloroforme; on constate du reste qu'aucune racémisation ne se produit dans ce traitement. La solution chloroformique évaporée abandonne les deux *o*-amino-cyclohexanols α d. et l. ($\alpha_D = \pm 40°,2$, F. = 83-84°); par mélange à parties égales des deux bases actives, on reconstitue le racémique de Brunel (F. = 66°).

Il est intéressant de comparer le pouvoir rotatoire spécifique de ces amines actives avec celui des *trans* *o*-cyclohexane-diols de Derx ($\alpha_D = \pm 41°,16$). Si l'on admet provisoirement que l'*o*-aminocyclohexanol α dédoublé par nous est le dérivé *trans*, on peut en déduire que la substitution d'un radical OH par un radical NH^2 en *ortho*, n'amène qu'une faible perturbation dans la grandeur du pouvoir rotatoire.

5. Peut-on préparer facilement l'*o*-aminocyclohexanol β, stéréoisomère du précédent? Senderens et Aboulenc [1] ont indiqué par l'hydrogénation au nickel, de l'*o*-aminophénol en solution alcoolique à 180° sous 60^{kg}, donnait les deux *o*-aminocyclohexanols *cis* et *trans*, leur séparatien n'ayant du reste pas été réalisée jusqu'ici à notre connaissance. Il nous a paru intéressant de chercher à atteindre ee dérivé β en vue de son dédoublement, par hydrogénation en présence de platine catalytique et en milieu acétochlorhydrique, soit de l'*o*-aminophénol, soit de l'*o*-acétylaminophénol; ce mode de réduction, comme on le sait, engendre le plus souvent la formation du dérivé *cis* alors qu'il est obtenu en faible proportion par les autres procédés d'hydrogénation. Cette catalyse tentée par nous fournit, non pas l'*o*-aminocyclohexanol attendu, mais soit la cyclohexylamine, soit l'acétylcyclohexylamine, une molécule d'eau étant éliminée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des cyanhydrines de formule* $C^6H^5.(CH^2)^n.CHOH.CN$, $C^6H^5.(CH^2)^n.CH(CH^3).CHOH.CN$ *et des acides-alcools α correspondants.* Note de Mlle **D. Biquard**, présentée par M. M. Delépine.

Poursuivant des recherches sur l'absorption et le pouvoir rotatoire de molécules organiques, nous avons été amenés à préparer les acides-alcools α de formule générale



$$C^6H^5.(CH^2)^n.CHOH.COOH \quad \text{et} \quad C^6H^5.(CH^2)^n.CH(CH^3).CHOH.COOH$$

(1) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 158.

en vue de les dédoubler, de faire l'étude polarimétrique des inverses optiques et d'étudier leurs spectres d'absorption.

Des méthodes générales de synthèse citées jusqu'alors, il était nécessaire d'écarter celles qui auraient pu nous donner un produit final souillé de traces de substances relativement très absorbantes difficiles à éliminer. C'était le cas des préparations utilisant des produits non saturés comme point de départ. La méthode de Maxwell Simpson et Armand Gautier (1) qui consiste à faire agir l'acide cyanhydrique anhydre sur l'aldéhyde, n'avait pas les mêmes inconvénients, mais elle est capricieuse et présente de plus l'inconvénient d'employer CNH anhydre.

Nous avons employé une méthode (2) qui donne très simplement et avec de bons rendements des acides-alcools α d'une grande pureté.

Cette méthode consiste tout d'abord à condenser le cyanure de potassium et la combinaison bisulfitique de l'aldéhyde en quantité équimoléculaire :

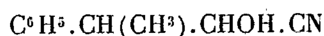


$$C^6H^5.(CH^2)^n.CHOH.SO^3Na + CNH \rightarrow C^6H^5.(CH^2)^n.CHOH.CN + SO^3NaK.$$

Le dérivé bisulfitique est préalablement débarrassé de toute trace d'aldéhyde (substance très absorbante) par lavages avec de l'alcool et du benzène; on le maintient ensuite plusieurs heures dans le vide pour éliminer l'anhydride sulfureux.

On condense ensuite à la température ordinaire le dérivé bisulfitique, ainsi purifié, avec CNK en solutions aqueuses aussi concentrées que possible. La cyanhydrine se forme avec d'excellents rendements; elle est ensuite saponifiée à chaud par ClH concentré.

Cyanhydrines. — L'obtention de ces composés à l'état optiquement pur n'a été possible que pour ceux qui cristallisent facilement (comme $C^6H^5.CH^2.CHOH.CN$ qui fond à 57-58°), ou pour ceux qui distillent sans décomposition sous pression très réduite (comme



$$C^6H^5.CH(CH^3).CHOH.CN$$

qui bout à 133° sous 3^{mm}). Dans tous les autres cas, lorsque l'on distille les cyanhydrines, même dans un bon vide (3^{mm} environ) nous avons observé une dissociation en aldéhyde et CNH.

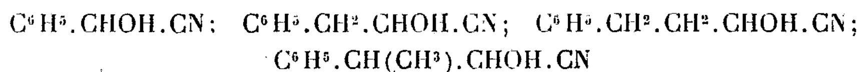
---

(1) M. Simpson et A. Gautier, *Comptes rendus*, 65, 1867, p. 414; *Bull. Soc. chim.*, Paris, 2e série, 8, 1867, p. 277.

(2) O. Muller, *Ber. d. deutsch. ch. Ges.*, 4, 1871, p. 980.

Il est à remarquer que la seule cyanhydrine stable à la distillation soit celle qui possède un groupe CH^3 en β vis-à-vis de la fonction nitrile (1).

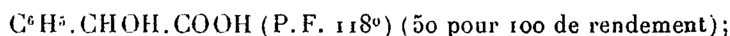
Nous avons préparé les cyanhydrines suivantes :



$C^6H^5.CHOH.CN$; $C^6H^5.CH^2.CHOH.CN$; $C^6H^5.CH^2.CH^2.CHOH.CN$; $C^6H^5.CH(CH^3).CHOH.CN$

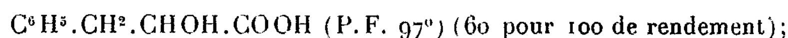
(seules les deux premières avaient été signalées à notre connaissance).

Acides-alcools α. — Par saponification des cyanhydrines citées précédemment, nous avons obtenu l'acide phénylglycolique



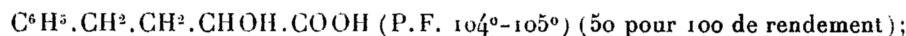
$C^6H^5.CHOH.COOH$ (P.F. 118°) (50 pour 100 de rendement);

l'acide phényllactique



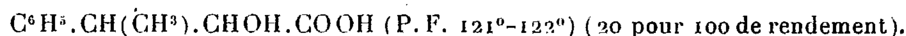
$C^6H^5.CH^2.CHOH.COOH$ (P.F. 97°) (60 pour 100 de rendement);

l'acide benzyllactique



$C^6H^5.CH^2.CH^2.CHOH.COOH$ (P.F. 104°-105°) (50 pour 100 de rendement);

l'acide α-hydroxy-β-phénylbutyrique



$C^6H^5.CH(CH^3).CHOH.COOH$ (P.F. 121°-122°) (20 pour 100 de rendement).

Ces rendements s'entendent en produits optiquement purs et sont calculés à partir du dérivé bisulfitique de l'aldéhyde.

Parmi ces produits, le dernier $C^6H^5.CH(CH^3).CHOH.COOH$ n'a pas, à notre connaissance, été cité jusqu'alors. C'est un solide blanc que l'on purifie facilement par cristallisation dans le benzène ou dans un mélange d'éther et d'éther de pétrole.

En résumé, la préparation des cyanhydrines et des acides-alcools α par la méthode indiquée conduit à l'obtention de ces derniers à l'état optiquement pur et en général avec de bons rendements.

---

(1) Remarquons à ce propos que Purvis (*Journ. Ch. Soc.*, 105, 1914, p. 2482, 2497), ayant mesuré l'absorption de $C^6H^5.CHOH.CN$, signale que ce composé possède des bandes analogues à celles de l'aldéhyde. Or nos cyanhydrines, purifiées comme il a été dit, sont complètement dépourvues de la bande attribuable au groupe aldéhyde; ce qui conduit à penser que la cyanhydrine étudiée par ce savant était impure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les thioniums aryliques purement hydrocarbonés*. Note de MM. **Ch. Courtot** et **P. Chiffert**, présentée par M. M. Delépine.

Les sulfinones aromatiques peuvent être préparées soit par oxydation ménagée des sulfures, soit par la méthode de Friedel et Crafts : action du chlorure de thionyle ou du gaz sulfureux sur les hydrocarbures en présence de Cl^3Al, soit par la méthode de Grignard et Zorn, action du chlorure de thionyle sur les organomagnésiens aromatiques ou enfin par la variante de L. Bert : action du sulfate de butyle normal sur les magnésiens.

Ces différents procédés n'ont pas jusqu'ici été beaucoup exploités et nombreuses sont les lacunes dans le groupe des sulfinones aromatiques.

En ce qui concerne l'action du chlorure de thionyle sur les hydrocarbures aromatiques, en présence de Cl^3Al, cela tient sans doute à ce que si la diphénylsulfinone se forme avec un rendement sensiblement quantitatif, dès que l'on passe aux hydrocarbures supérieurs, les rendements tombent et quelquefois la sulfinone peut à peine être isolée. Il se produit des réactions secondaires ou parasitaires, non suffisamment étudiées dans la plupart des cas.

Dans le présent travail, nous avons cherché à élucider les causes du mauvais rendement dans la préparation des sulfinones toluéniques et xyléniques, par la méthode de Friedel et Crafts et notre investigation nous a conduits aux chlorures de triarylthionium correspondants et ce sont, à notre connaissance, les premiers termes des dérivés du soufre quadrivalent ayant trois radicaux *purement hydrocarbonés* soudés au soufre par les carbones intranucléaires.

En dehors des dérivés du thionium avec radicaux aliphatiques et arylaliphatiques, depuis longtemps décrits, on ne connaissait jusqu'ici de représentant de la famille halogénotriphénylthionium que par les travaux de Michaelis et Godchaux [1] puis par ceux, plus importants, de Smiles et Le Rossignol [2]. Rappelons que ces savants préparent les thioniums aromatiques par les méthodes suivantes : action du chlorure de thionyle ou de SO^2 sur les éthers de phénols; condensation des éthers de phénols avec les acides sulfiniques ou les sulfinones, même purement hydrocarbonées.

---

(1) *Berichte d. deuts. ch. Gesells*, 24, 1891, p. 757.
(2) *Chem. Soc.*, 89, 1906, p. 696, et *Chem. Soc.*, 93, 1908, p. 745.

Pour les auteurs anglais, la formation des thioniums aromatiques implique la présence d'au moins un groupe hydroxylé, alcoxylé ou aminogène, bien entendu, dans leurs conditions d'expérience.

En réalité, nous avons préparé, avec d'assez bons rendements, le chlorure de tritolylthionium, le chlorure de tri-(3.4-diméthylphényl)-thionium, le chlorure de tri-(2.4-diméthylphényl)-thionium et entrevu le prototype de la série de chlorure de triphénylthionium, ce qui établit que la réaction peut se produire avec des molécules purement hydrocarbonées, contrairement à la thèse anglaise; en second lieu la réaction formulée par Smiles [1] ne saurait être exacte puisqu'à partir d'une molécule de Cl^2SO, nous obtenons un rendement global supérieur à 50 pour 100 en dérivé thionium et en sulfinone corrélativement formée. La réaction ne met en jeu, dans notre cas, qu'une molécule de chlorure de thionyle et la fixation de l'hydrocarbure sur la diarylsulfinone préalablement formée, paraît être un processus additif avec salification immédiate du triarylthiol formé.

La *p.p'*-ditolylsulfinone a pu être obtenue avec un rendement régulier de 50 pour 100 alors que Parker [2] n'obtenait que 30 pour 100 et encore irrégulièrement.

Le chlorure de tri-*p.p'.p''*-tolylthionium cristallise en jolis prismes incolores, de l'acétone. Il fond à 140°. Rendement 40 pour 100.

La tétraméthyl-3.4.3'.4'-diphénylsulfinone fond à 99°. On la recristallise de l'éther de pétrole d'où elle précipite, par refroidissement en fines aiguilles blanches.

Le chlorure de tri-[diméthyl-3.4-phényl]-thionium cristallise de l'acétone en petits prismes transparents et incolores (F. = 132°).

La tétraméthyl-2.4-2'.4'-diphénylsulfinone est purifiée par l'alcool aqueux et recristallise de l'éther de pétrole en petits cristaux blancs (F. = 88°).

Le chlorure de tri-[diméthyl-2.4-phényl]-thionium est cristallisé également de l'acétone d'où il se dépose, par évaporation très lente, en magnifiques prismes incolores (F. = 86°). Il fixe de l'acide chlorhydrique, comme le dérivé ortho du reste, mais ClH est assez labilement fixé : il s'élimine, en particulier, progressivement, par séjour du sel de thionium dans un dessiccateur à potasse sous vide.

La tétraméthyl-2.5.2'.5'-diphénylsulfinone se présente en lamelles cristallines conservant, malgré plusieurs cristallisations dans l'éther de pétrole, une pointe de jaune. Elle fond à 77°,5. Le thionium correspondant n'a pas encore été isolé. Le rendement en sulfinone est par contre ici plus élevé, il atteint facilement 60 pour 100.

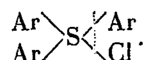
Les chlorures de thioniums aryliques ne se différencient pas sensiblement des thioniums aliphatiques et arylaliphatiques. Ils sont très solubles dans l'eau. Ils donnent des produits d'addition avec l'eau, l'acide chlorhydrique,

(1) *Loc. cit.*

(2) *Berichte d. deuts. ch. Gesells.*, **23**, 1890, p. 1845.

le chlorure ferrique. Le chlore peut être dosé à froid, en solution aqueuse, par une solution titrée de NO^3Ag. On obtient ainsi le nitrate de thionium. La base peut être mise en liberté, à partir du chlorure, par AgOH. Elle bleuit le tournesol et rougit la phtaléine du phénol.

Enfin, les chlorures de triarylthionium se scindent, sous l'action de la chaleur, en carbures aromatiques chlorés et en sulfures diarylés



Nous avons entrevu, par action du benzène sur la diphénylsulfinone, en présence de Cl^3Al ou de P^2O^5, le prototype de la série, le chlorure de triphénylthionium, mais il n'a pas encore été obtenu à l'état cristallin. Seule, sa combinaison avec Cl^3Fe, a été jusqu'ici examinée.

Nous nous proposons d'étendre cette étude à d'autres carbures aromatiques, en vue d'obtenir les thioniums correspondants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les aryléthers de la pseudourée.* Note de MM. **M. Battegay** et **H. Silbermann**, présentée par M. M. Delépine.

L'obtention des aryléthers de la pseudourée a déjà été tentée par différents auteurs. Il convient de signaler Praetorius et Seidler [1] qui ont soumis le phénol en présence d'alcool absolu à l'action de la cyanamide, mais où cette dernière ne se transforme qu'en dicyandiamide, puis F. Arndt [2], lequel, consécutivement à une étude sur les aryléthers de la thiopseudourée, déclare n'avoir réussi en aucune manière de faire réagir phénol et cyanamide, ni dans les conditions qui lui ont permis de transformer les thiophénols en aryléthers de la thiopseudourée, ni dans celles qui ont été imaginées par Stieglitz et Mc Kee [3] pour assurer la réaction entre alcool et cyanamide, en faisant intervenir de l'acide chlorhydrique dans différents solvants. Short et Smith [4] ne réussirent pas davantage en soumettant du phénate de sodium à l'action du mélange équimoléculaire de cyanamide et de son dichlorhydrate, qui représente le soi-disant mono-

---

(1) *J. f. prakt. Chem.*, 2e série, 21, 1880, p. 137.
(2) *Lieb. Ann.*, 384, 1911, p. 349.
(3) *D. chem. Ges.*, 33, 1900, p. 1517; 38, 1905, p. 2243.
(4) *J. chem. Soc.*, 121, 1922, p. 1804.

chlorhydrate, d'ailleurs également préconisé par Stieglitz et Mc Kee (*loc. cit.*).

En ce qui concerne ce monochlorhydrate, nous rappelons ([1]) qu'il s'agit d'un réactif instable s'altérant déjà, et bien plus rapidement encore que la cyanamide libre, à la température ordinaire. Il se forme, au début, des produits solubles dans l'eau, qui, à l'encontre de la cyanamide inaltérée, précipitent avec de l'acide picrique, en donnant des picrates jaunes peu solubles. L'altération plus avancée, qui est considérablement favorisée par une élévation de température à 60-70°, mène à des produits insolubles dans l'eau.

L'emploi de la cyanamide ou de son « monochlorhydrate » ne peut, par conséquent, convenir que dans les cas où l'éther de la pseudourée se forme à relativement basse température.

Le dichlorhydrate de la cyanamide ([2]) étant, au contraire, parfaitement stable à des températures supérieures, puisque ce n'est que vers 130° et qu'à la suite d'un chauffage prolongé à cette température qu'une décomposition s'amorce, son application nous a paru indiquée pour transformer en pseudourées ceux des composés hydroxylés qui ne réagissent avec la cyanamide qu'à des températures plus élevées en dépassant pratiquement le point d'altération de cette dernière. L'application de ce raisonnement à toute une série de phénols, avec la précaution d'opérer en milieu anhydre, et le cas échéant, avec le concours de gaz chlorhydrique desséché, nous a permis de préparer les pseudourées correspondantes, qui s'obtiennent sous la forme de chlorhydrates. Ceux-ci constituent en général des produits blancs, bien cristallisés, facilement solubles dans l'eau, moins solubles dans l'alcool et insolubles dans l'éther. Ils se transforment, entre autres, facilement avec l'acide picrique, en picrates jaunes peu solubles, également très bien cristallisés.

Contrairement aux alcoyléthers, qui peuvent être isolés sous forme de pseudourées libres, les aryléthers, très stables à l'état de sels, ne s'y prêtent pas et manifestent une vulnérabilité frappante vis-à-vis des alcalis. Leurs chlorhydrates, en solution dans l'eau, traités, par exemple, à froid, avec de l'ammoniaque aqueuse, sont presque instantanément scindés en phénol et cyanamide qui peut être dosée quantitativement avec du nitrate d'argent.

Notre étude a porté jusqu'à présent sur les dérivés du phénol, des ortho-

---

([1]) M. Battegay et H. Silbermann, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 380.

([2]) Drechsel, *J. f. prakt. Chem.*, 2e série, 11, 1875, p. 209.

et métacrésols des α et β-naphtol et de la résorcine qui ont été identifiés par l'analyse de leurs chlorhydrates et de leurs picrates. Le mode opératoire pour leur préparation peut être illustré par l'exemple du chlorhydrate de la métatoluyl-O-pseudourée $m.CH^3.C^6H^4.O.C(NH^2) = NH, HCl$.

Le mélange intime de 14g de dichlorhydrate de cyanamide cristallisé et de 75cm³ de métacrésol pur, dans lequel on introduit pendant toute l'opération un faible courant de gaz chlorhydrique sec, est chauffé, en agitant bien, à l'abri de toute humidité, en élevant progressivement la température, au bout d'une heure, à 140°. Cette température est maintenue pendant à peu près 4 heures, avant de la porter, pendant une dernière heure, à 150-155°. La réaction conduit après refroidissement, à un liquide brun et visqueux contenant une petite quantité d'un résidu blanc insoluble qui, éliminé par filtration, représente 0g,55 et constitue de la cyanamide polymérisée.

Le filtrat est extrait à l'eau froide légèrement acidulée avec de l'acide chlorhydrique, qui permet de retirer, par décantation, la solution d'une partie du chlorhydrate de la pseudourée formée. Afin d'en retirer la totalité, il convient d'éliminer l'excès de métacrésol, par un entraînement à la vapeur d'eau pratiqué en milieu acide, et de réunir le résidu aqueux limpide et l'extrait, puis de concentrer ce liquide par évaporation au bain-marie, jusqu'à l'apparition des premiers cristaux. Par refroidissement, et au bout de quelques heures, il se sépare un abondant précipité blanc cristallin qui, essoré et desséché, représente 78 à 80 pour 100 du rendement théorique en chlorhydrate de la pseudourée. Il est purifié par recristallisation dans l'eau ou dans l'alcool et fond alors à 215-216°, après avoir subi, au préalable, un tassement à 195°, et un amollissement à 205°. Le produit en fusion, porté à 220°, se décompose en moussant et en redevenant solide entre 230 et 235°. — Substance, 4mg,489; 0cm³,593 N^2; $t = 17°$; $p = 742^{mm}$, soit 15,18 pour 100 N. Substance, 12mg,265; 9mg,750 ClAg; soit 19,33 pour 100 Cl. Calculé pour $C^8H^{10}ON^2Cl$, 15,06 pour 100 N et 19,01 pour 100 Cl.

Le chlorhydrate est facilement transformé en picrate peu soluble, qui est précipité de la solution aqueuse par addition d'une solution saturée d'acide picrique. Recristallisé dans l'alcool, ce picrate forme de superbes aiguilles jaunes fus. à 243-244° en se décomposant. — Substance; 5mg,693; 0cm³,935 N^2; $t = 18°$; $p = 731^{mm}$, soit 18,66 pour 100 N. Calculé pour $C^{14}H^{13}O^8N^5$, 18,47 pour 100 N.

GÉOLOGIE. — *La constitution des minerais oolithiques et ses rapports avec le facies des couches.* Note de M. **J. P. Arend**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

La constitution des minerais oolithiques déterminant les conditions de réduction et d'effritement est définie par la quantité d'oolithes formés et par la nature du ciment qui les enveloppe. Le rapport même de ces deux éléments découle du mode de formation des oolithes (1).

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 736.

1° *La constitution des minerais oolithiques.* — Le tableau suivant donne les rapports normaux des oolithes et du ciment qui les enveloppe dans les différentes couches :

		Rapport oolithe/gangue en pour 100.	Eau comb.	FeO.	Fe^2O^3.	Al^2O^3.	CaO.	SiO^2.	Co^2.	P^2O^5.
C. rouge	oolithe....	82,00	10,18	1,04	63,81	5,06	3,96	7,00	3,54	1,63
	gangue....	18,00	6,17	1,92	37,98	3,51	19,70	7,86	17,03	0,98
B. brune	oolithe....	43,00	11,80	1,52	67,40	5,30	2,21	8,46	2,95	1,89
	gangue....	57,00	6,49	2,16	27,26	3,04	24,11	16,90	16,63	1,47
C. grise	oolithe....	46,00	10,90	0,81	68,79	5,23	1,99	5,44	4,02	2,23
	gangue....	54,00	2,17	0,73	12,59	0,96	41,50	5,89	26,90	0,45
C. verte	oolithe....	34,00	7,49	14,63	39,49	4,48	3,67	15,48	7,98	1,71
	gangue....	66,0,	7,05	18,22	28,23	4,71	5,78	20,48	9,84	1,56
Bohnerz	pisoolithe.	14,70	6,48	0,95	38,70	2,11	13,85	14,16	3,29	3,05
	oolithe....	6,53	9,92	1,59	60,49	4,18	5,40	8,96	3,70	1,91
	gangue....	78,57	3,08	1,59	19,17	1,14	30,81	16,76	22,14	1,68

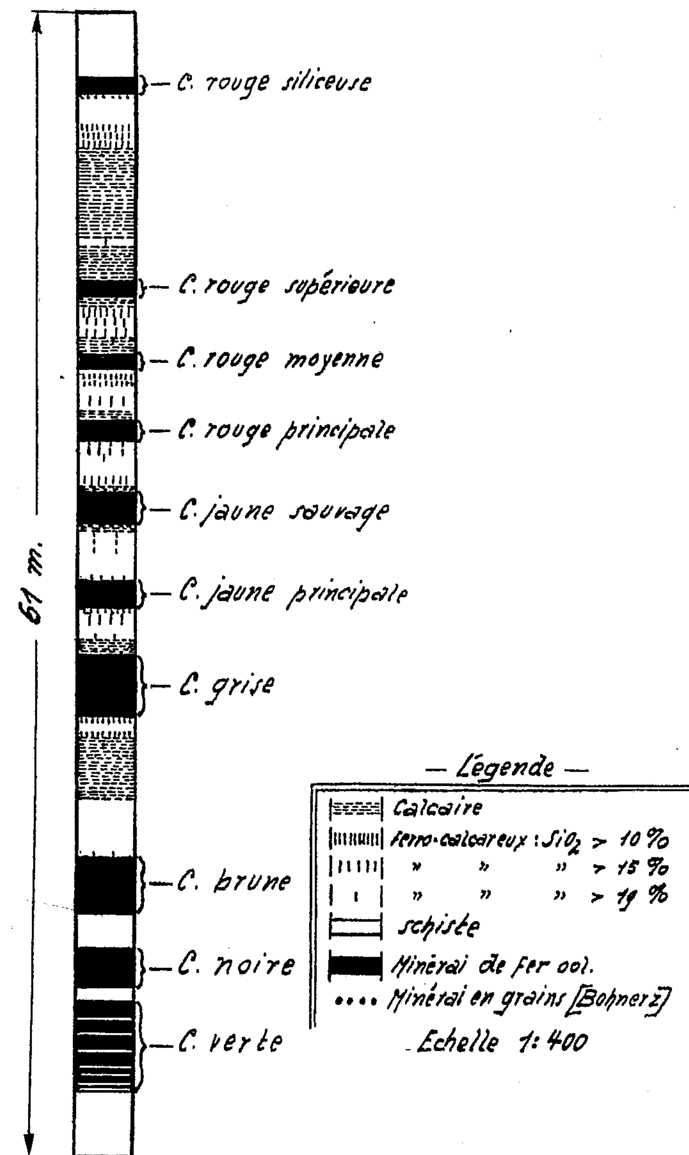
Abstraction faite du seul cas de minerai vert, qu'il a été impossible de réduire nettement en oolithe et gangue, nous reconnaissons l'invariabilité des oolithes dans les différentes couches. Partout l'oolithe (micelle) forme avec la gangue (solution intermicellaire) un état d'équilibre qui est nettement déterminé par le degré d'oxydation et la concentration.

Dans la couche rouge supérieure, où l'oxygène est le plus abondant, s'opère une coagulation accélérée de l'hydrate ferrique qui aboutit à un soudage prématuré des micelles oolithiques. Dès que celles-ci se touchent, les dépressions osmotiques se déplacent, les réactions colloïdales s'arrêtent pour ne plus s'amorcer et laissent une quantité exceptionnelle de fer dans le ciment. Dans les conditions de la couche grise l'oxygène plus régulièrement dosé assure la plus grande continuité de la réaction colloïdale. Dans la couche verte, au contraire, l'accès de l'oxygène est trop réduit, la réaction colloïdale trop lente. L'oolithe avorte ; les pellicules trop minces, trop adhérentes à la solution intermicellaire, ne se soudent que d'une façon incomplète. C'est la raison de la séparation difficile qui atténue la netteté des chiffres du tableau.

L'oolithe, de composition assez constante et d'une structure cristallo-colloïdale particulière, influence ordinairement les indices, discordants d'ailleurs, que certains auteurs relèvent en vue de caractériser tel ou tel constituant minéralogique supposé.

Le bohnerz est défini comme un vrai minerai oolithique dans lequel les pisoolithes se sont formés sur des nodules phosphatés macroscopiques. Sous

l'effet du coagulant plus intense et de l'oxygène plus abondant, la vitesse accélérée de eoagulation a entraîné plus de solution intermicellaire que le



vrai oolithe, se formant à côté à un rythme plus ralenti. C'est entre autres une confirmation nette de là théorie émise sur la genèse des oolithes et la constitution des minerais.

2° *Le faciès des couches.* — L'équation de la double décomposition précise non seulement le mode de formation des oolithes, mais elle détermine encore l'amplitude des phénomènes chimiques et physiques qui ont concouru au métamorphisme des couches déjà encaissées



$$2\,FeH^2(CO^3)^2 + CaH^2(CO^3)^2 + O = 2\,Fe(OH)^3 + CaCO^3 + 5\,CO^2.$$

De l'interdépendance de ces résultats se dégagent trois facteurs agissants :

a. L'oolithe transpose environ 80 pour 100 de la matière en couches, en la condensant approximativement de 3 à 3,6 de poids spécifique.

b. L'acide carbonique régularise et entretient l'état hydrocarbonaté de l'hydrosol, en délivrant le minerai du $CaCO^3$ libéré. Dans certaines couches la production de CO^2 atteint jusqu'à 30 pour 100 du poids des minerais.

c. La diminution de volume est une conséquence des réactions *a* et *b*. Elle conduit aux cassures des couches et aux affaissements des toits.

Le profil ci-contre, établi dans les environs d'Aumetz, précise les effets, parfois entre-croisés, dans les différentes couches :

Dans les couches inférieures verte et noire l'oolithification est faible et la diminution du volume est en conséquence. Tout reste en place. Le $CaCO^3$ libéré est retenu dans les couches, où il forme les passages calcaireux spécifiques. Le CO^2 restant accumulé sous le toit opère l'enrichissement en fer dans les parties supérieures de la couche en intensifiant l'enlèvement du $CaCO^3$.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique antéstéphanienne des Cévennes à hauteur de Largentière.* Note de MM. **André Demay** et **Henri Longchambon**, présentée par M. L. de Launay.

Les recherches que nous avons poursuivies en commun sur la feuille de Largentière en 1930 et 1931, en complétant les observations antérieures de l'un de nous [1], ont mis en évidence certains traits importants de la structure antéstéphanienne en rapport avec les résultats acquis dans les Cévennes septentrionales et méridionales.

A la bordure Nord de la grande masse de schistes sériciteux et micaschistes des Cévennes méridionales, il semble que l'on puisse distinguer,

[1] H. Longchambon, *Bull. Serv. Carte*, 31, 1926-1927, p. 137; 1927-1928, p. 93.

entre Largentière et Valgorge, au-dessus du substratum de gneiss et granite du Tanargue, au moins trois écailles d'origine tangentielle : *l'écaille des micaschistes supérieurs* qui supportent sans discontinuité apparente les schistes séricíteux des feuilles de Largentière et d'Alès, *l'écaille de granite alcalin de Font-de-la-Roche*, enfin *l'écaille de Rocles* qui comprend le complexe de micaschistes, gneiss et granite relativement magnésien du Perrier et à la base, en contact lithologique normal avec ce complexe, le granite alcalin de Rocles. L'existence des surfaces de poussée est démontrée par l'écrasement, souvent très intense, des micaschistes et du granite à la base des trois écailles. Pourtant, les micaschistes supérieurs semblent près du contact influencés par le granite. D'autre part, malgré l'intensité des effets dynamiques, on ne doit pas considérer non plus l'écaille de Rocles comme indépendante lithologiquement de son substratum. Le contact du granite de Rocles et de ce substratum est certainement en partie d'ordre intrusif. Il ne s'agit donc pas ici de charriages importants. Vers l'Ouest, les deux écailles inférieures semblent se terminer en biseau. Mais il y a eu là aussi décollement et glissement de l'ensemble des micaschistes. En effet, près de Loubaresse, de beaux écrasements apparaissent au contact des micaschistes, un peu gneissiques à la base, et des gneiss du Tanargue [1]. Il en est de même près de Saint-Laurent-les-Bains [1] où les micaschistes s'écrasent sur une première série de gneiss œillés, qui, écrasés eux-mêmes à leur base, reposent sur des gneiss à mica noir mylonitiques, puis sur d'autres gneiss œillés.

Il existe dans les écailles de Largentière ou à leur base des masses ou filons de granulite qui semblent postérieurs aux mouvements essentiels comme dans les Cévennes septentrionales. En effet nous avons observé en plusieurs points la granulite intacte, à grain moyen ou à grain fin, parfois grenatifère, au milieu des gneiss laminés ou du granite mylonitique. Souvent elle apparaît près des limites tectoniques. Parfois la granulite se différencie mal du granite alcalin et semble ne pas être autre chose qu'un facies de recristallisation sur place du granite laminé. Pourtant en certains points, par exemple au Sud de Joannas, elle présente le caractère d'une venue distincte avec un facies riche en muscovite, analogue à celui des belles granulites post-tectoniques des Cévennes septentrionales.

La structure tangentielle des micaschistes et des écailles de Largentière est compliquée par des replis. Le synclinal des micaschistes supérieurs que

---

(1) H. Longchambon, *Bull. Serv. Carte*, 31, 1926-1927, p. 137.

nous avons pu définir au Nord de Largentière est sans doute un repli postérieur au glissement des écailles. De même une fine digitation du granite de Rocles près des Fontanilles au milieu de son substratum gneissique constitue non pas une apophyse intrusive, mais une languette synclinale. La disposition des gneiss qui plongent de tous côtés sous le granite prouve sa position recouvrante et l'ennoyage du synclinal vers l'Est. Au Sud des Fontanilles et au Nord de Leyval nous avons observé également à échelle bien plus petite des structures compliquées avec de fortes plongées axiales. D'autre part nous attribuons avec quelque doute deux lames de granite en partie mylonitique, qui affleurent au Nord-Ouest de la Croix-de-Rocles, à deux replis synclinaux aigus de l'écaille de Rocles. Mais ce pourrait être aussi des échardes tectoniques dans le substratum de cette écaille.

Au-dessous de l'ensemble des micaschistes et des écailles de Largentière, les gneiss du Tanargue, souvent presque verticaux et déversés vers le Sud, portent la trace d'un plissement intense et d'*intrusions aplitiques ou granitiques syntectoniques* (lits feldspathiques ou aplitiques plissés et injectés ensuite par l'aplite ou le granite) et semblent appartenir à une zone de racines plus ou moins injectées par le granite. Mais plus à l'Ouest, les gneiss eux-mêmes présentent parfois une allure plate (près de Luc) ou un pendage moyen avec répétition de gneiss œillés (entre Luc et Langogne) qui correspondent peut-être à la conservation des parties hautes, déversées ou couchées, de l'ensemble plissé. Entre Largentière et Loubaresse, le décapage serait poussé jusqu'aux racines. Le lieu d'origine des écailles de Largentière est peut-être dans cette zone, à une distance assez faible de leur position actuelle.

En résumé l'ensemble des micaschistes parfois un peu gneissiques et des schistes sériciteux des Cévennes méridionales, qui présente une allure isoclinale ou tangentielle (¹), accuse bien, en accord avec ce que pouvait laisser supposer une telle structure, des décollements et glissements à sa bordure septentrionale. Si les mouvements relatifs semblent ici assez faibles, leur démonstration concrète rend vraisemblable pour la partie haute de cet ensemble l'existence de mouvements tangentiels plus importants en faveur desquels l'un de nous a invoqué dans une Note antérieure (¹) la position recouvrante d'une puissante série de gneiss largement cristallisés sur les schistes sériciteux à l'Ouest du bassin houiller de la Grand-Combe, position qui se vérifie aussi pour leur prolongement sur la feuille de Largentière

(¹) A. Demay, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 944.

au Nord-Ouest de Joyeuse. D'autre part, il apparaît que les micaschistes et le granite alcalin de la région de Largentière n'ont pas une origine lointaine. De même que l'un de nous l'a indiqué (1) pour le granite porphyroïde de Tournon et les micaschistes du « synclinal de Sarras » il faut, semble-t-il, renoncer à l'hypothèse (2) envisagée par Pierre Termier, d'un prolongement des nappes de Saint-Étienne jusque dans la région de Largentière, du Vigan et de la Montagne-Noire.

GÉOLOGIE. — *De l'extension du Dévonien marin en Afrique occidentale.* Note de M. **Raymond Furon**, présentée par M. L. Cayeux.

On sait que le Précambrien, plissé et arasé, est, en Afrique occidentale, recouvert en discordance par une puissante série nommée : série des grès horizontaux, comprenant des sédiments marins et continentaux. La zone inférieure de cette série est datée par les graptolithes de Guinée : elle est gothlandienne et peut comprendre des termes antérieurs (3).

Le Dévonien marin en Mauritanie. — Le Dévonien marin fut découvert en Mauritanie dès 1900, par M. A. Dereims, à 6^{km} à l'Ouest d'Atar, au pied d'une falaise de grès (4). Plus au Sud, au pied de cette même falaise (qui limite à l'Ouest l'Adrar mauritanien), R. Chudeau a signalé, en 1911, un gisement fossilifère; ses matériaux et ceux de la colonne Gouraud lui permirent de considérer ce gisement comme Carbonifère (5). Les récentes découvertes de M. J. Malavoy dans la même région nous apportent de très utiles précisions. Parmi d'autres fossiles, la présence de *Spirifer Verneuili* Murch. indique le Dévonien supérieur. Le gisement est situé dans des grès calcaires et des schistes, reposant sur des grès et recouverts par d'autres grès. M. Malavoy tire cette conclusion nécessaire en ce qui concerne les

(1) A. Demay, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 628.

(2) P. Termier, *C. R. Soc. Géol. France*, 1908, p. 162.

(3) J.-H. Sinclair, *Sur l'âge des grès de la Guinée française* (*Comptes rendus*, 167, 1918, p. 417-418); G. Lecointre et P. Lemoine, *Sur les graptolithes gothlandiens de la Guinée française* (*C. R. Congrès A. F. A. S.*, Liége, 1924, p. 387).

(4) A. Dereims, *Un voyage en Mauritanie* (*C. R. S. Soc. Géol. France*, n° 4, 1909, p. 71).

(5) R. Chudeau, *Note sur la Géologie de la Mauritanie* (*Bull. Soc. Géol. France*, 4e série, 2, 1911, p. 413).

couches inférieures aux lits fossilifères : « Les grès, schistes et calcaires de l'Adrar sont, en partie, antérieurs au Dévonien supérieur (1). »

Comparaison avec le Soudan français. — Le Dévonien de Mauritanie étant représenté par un important niveau de schistes et de calcaires intercalés dans les grès, nous allons examiner comment se comporte cette série à l'Est et au Sud, c'est-à-dire au Soudan.

La comparaison est rendue possible sur de grandes distances, parce qu'il s'agit de régions tabulaires : les grands plateaux mauritaniens se continuent vers l'Est jusqu'au Nord de Tombouctou, sans interruption.

J'ai déjà insisté à plusieurs reprises sur la présence, au Soudan, d'une importante série de schistes, de calcaires, de grès calcaires et de jaspes, divisant l'ensemble des grès horizontaux et déterminant des grès inférieurs et des grès supérieurs (2). Or cette série se raccorde avec celle de Mauritanie.

Si l'on franchit du Nord au Sud le plateau de Tidjikdja qui fait suite à l'Adrar, on constate qu'il se termine au Sud par une falaise qui domine l'Aouker, à l'Ouest, au Nord et à l'Est sur plus de 500^{km}. J'ai décrit cette falaise dans la région de Néma : elle est constituée par des schistes, des pélites et des jaspes recouverts par un entablement gréseux. Effectuons une coupe encore plus au Sud : de Néma à Nioro (300^{km}), on ne quitte guère les schistes qui disparaissent à l'Ouest sous le plateau de l'Affollé, réapparaissant accompagnés de calcaires dans la vallée de Kiffa. Sur la région de Kiffa, les observations de deux auteurs sont absolument concordantes (MM. H. Hubert et le capitaine de Larminat) : les schistes et les calcaires sont en place sous les grès qui couronnent les plateaux (3). Au Sud de Nioro, dans le Kaarta et le Fouladougou, j'ai indiqué la position très nette de la série schisteuse *sur* les grès de l'Ouest du Plateau mandingue.

Extension du Dévonien marin vers le Sud. — La position stratigraphique des gisements fossilifères de Mauritanie, nous autorise à attribuer au Dévo-

---

(1) J. Malavoy, *Géologie de la Mauritanie du Nord* (*Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 184); J. Malavoy et N. Menchikoff, *Sur un gisement du Dévonien supérieur de l'Adrar mauritanien* (*C. R. S. Soc. Géol. France*, n° 4, 1931, p. 126).

(2) R. Furon, *Sur quelques points nouveaux de la géologie du Soudan occidental* (*Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 196).

(3) H. Hubert, *Carte géologique de l'A. O. F. au 1/1000000e, feuille* 5; *Dakar, et Notice*, 1920 (Paris, Larose); Cne de Larminat, *La résidence de Kiffa* (*Bull. Com. d'ét. hist. et sc. de l'A. O. F.*, 1927, p. 38),

nien marin, tout ou partie des schistes et des calcaires horizontaux du Soudan. Il y a là un horizon lithologique constant de l'Adrar au Dahar Néma, que j'ai pu suivre moi-même sur plus de 500^{km} jusque dans le haut-bassin du Sénégal, au sud du 14° de lat. N. Les grès inférieurs correspondraient normalement au Silurien fossilifère de Guinée. Je ne puis rien dire des zones schisteuses situées au sud du 13° parce que je ne les ai pas vues, mais je rappelle la très importante découverte du Dévonien et du Carbonifère marins sur le littoral de la Gold Coast (entre le 6° et le 5°). Près d'Accra, A. E. Kitson a découvert une petite falaise constituée à la base par des grès, au sommet par des schistes dévoniens fossilifères, contenant *Homalonotus dekayi* Green, des Brachiopodes et des Lamellibranches (¹). Les couches supérieures, fossilifères à Sekondi, sont considérées comme carbonifères.

Conclusions. — 1° Une série marine dévonienne s'étend sans interruption depuis le Nord saharien jusqu'au 13° de lat. N. On la retrouve beaucoup plus au Sud sur le 5° et la série des grès horizontaux s'étend largement sur la zone intermédiaire, avec des solutions de continuité dues à l'érosion.

2° Les faunes dévoniennes du Sahara avaient attiré l'attention de M. E. Haug par leur « curieux mélange d'espèces des grauwackes du Rhin et d'espèces américaines ou sud-africaines (²) ». A propos de la faune de la Gold Coast, M. A. Betim rappelle qu'elle contient des genres communs à l'Amérique du Nord et du Sud (³).

3° Au Nord du 5°, la liaison hypothétique de l'Afrique et du Brésil au Dévonien apparaît fragile du fait de l'existence d'une importante série marine en Afrique occidentale; il faudrait au moins admettre que cette liaison fût interrompue.

(¹) A. E. Kitson, *Devonian rocks at Accra* (*Gold Coast*), avec une Note : *Fossils from Accra*, par Morley Davies [*C. R. Congrès géol. intern., Liège*, 1922, (1925), p. 945].

(²) E. Haug, *Traité de Géologie*, 2, p. 723.

(³) Alberto Betim, *État des connaissances géologiques sur le Brésil* (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 29, 1929, p. 35).

GÉOLOGIE. — *Sur les dislocations des terrains secondaires de la vallée du Caramy, en aval de son confluent avec l'Issole* (*Var*). Note de M. **Antonin Lanquine**, présentée par M. Ch. Jacob.

L'examen des contours des terrains secondaires dus à Ph. Zurcher, sur la feuille de Draguignan au 1/80000ᵉ de la Carte géologique, conduit à l'interprétation suivante pour la région comprise entre Cabasse et Carcès. Au Bathonien supérieur développé que coupe l'Issole, dans la gorge en aval de Cabasse, succèdent ensuite, avec une direction constante WSW-ENE, d'abord une étroite bande synclinale occupée par du Néocrétacé, puis une bande très resserrée de Lias et de Keuper formant anticlinal, puis une bande de Bathonien formant synclinal que surmonte, avec un chevauchement vers le Sud, un large affleurement d'Infralias étalé au-dessus des deux rives du Caramy.

J'ai eu l'occasion d'étudier la région en question avec une base topographique de grande précision, celle de la carte au 1/20000ᵉ, et je résume ici les résultats de ces observations nouvelles.

Jusqu'au lieu dit Canebier, sur la rive droite de l'Issole, à peu de distance en amont du confluent de cette rivière avec le Caramy, la structure des collines entamées par la vallée est très simple. Sur le Bathonien supérieur calcaire, plongeant au NNW, repose, avec intercalation de Bauxite, un Néocrétacé de faciès garumnien, grès friables et sables bigarrés, plus ou moins encroûtés de tufs. Mais, au voisinage du pont sur l'Issole, la bande de Bauxite vient buter contre un Bathonien calcaire d'abord subvertical puis affecté d'un fort pendage N, traversé de veines de calcite et montrant même un miroir de friction. Ce Bathonien calcaire borde au Sud un petit vallonnement occupé par de nombreux blocs et fragments de Bathonien marneux. Viennent ensuite et successivement, les termes d'une série étirée et renversée sur ce Bathonien inférieur : Bajocien indiscernable, Lias à silex très réduit, Hettangien calcaréo-dolomitique plongeant au Nord à 45°, Rhétien laminé, plissoté avec quelques cargneules pincées dans les replis, Trias supérieur enfin. C'est la série qui forme le flanc nord de la colline de Combecave et du Bois des Dames sur la rive droite, série qui s'étire davantage sur la rive gauche où l'Hettangien renversé surmonte directement le Bathonien marneux et où le Trias disparaît.

Sur le Keuper, représenté par un complexe de cargneules, d'argiles

rougeâtres et de gypse blanc saccharoïde, vient ensuite, plus au Nord, une nouvelle série renversée et très laminée, dont les forts pendages restent N et NNW : calcaires du Bathonien supérieur, calcaires marneux du Bathonien inférieur et du Bajocien, calcaires à silex du Lias (ces derniers subverticaux), calcaires dolomitiques hettangiens. C'est le pourtour de la dépression de Camp Redon sur la rive droite. Ce sont les escarpements de Braou et l'éperon des Lones sur la rive gauche. D'une rive à l'autre, quelques complications apparaissent. Dans le vallon à l'Est de Camp Redon, une mince lame de Bathonien marneux, se comportant comme un paquet de flanc inverse, s'interpose entre Bathonien calcaire et cargneules triasiques. Sur le versant oriental de la colline de Braou et jusqu'aux Lones, deux replis affectent le Bathonien calcaire et le Bathonien marneux, ce dernier emballant une lame de Lias à silex au droit du point coté 193,4, l'ensemble plongeant au Nord à 45-48°.

Sur cette seconde série renversée repose maintenant un Hettangien épais, faiblement ondulé, qui forme les collines des Défents et du Mont Gibelly coupées par le Caramy, plus au Nord encore. Çà et là, les larges ondulations qui affectent cette masse hettangienne font apparaître, à la base, quelques affleurements rhétiens et un abaissement de l'ensemble, en direction, montre, sur le flanc oriental de l'Hubac des Fabrons, quelques bancs de Lias à silex non marqués sur la carte géologique.

Ainsi deux styles tectoniques se distinguent dans cette partie de la vallée du Caramy. *Des bandes jurassiques*, étirées et *renversées*, présentent l'allure d'imbrications poussées au Sud. *Une* grande *masse liasique*, *décollée* vers le Sud, surplombe les séries laminées.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude de la région désertique syrienne.* Note de MM. **L. Dubertret**, **A. Keller** et **H. Vautrin**, présentée par M. Ch. Jacob.

Cette Note expose les premiers résultats de recherches faites pour le Haut Commissariat de la République française dans la région comprise entre Damas, Alep et l'Euphrate. Cette région comprend, au centre, un système montagneux de dômes et de rides (chaînes Palmyréennes et Djebel Bichri) et, de part et d'autre, deux régions tabulaires : le plateau d'Alep au Nord, le Hamad au Sud.

Les dômes, surbaissés, d'axes Ouest-Est, se relayent de Sélimié à l'Euphrate et s'ennoyent doucement vers l'Est. Ils sont rattachés au massif de l'Anti-Liban par des rides étroites, disposées en arc depuis Damas jusqu'à Palmyre. Ces rides sont déversées vers le Sud-Est; les plus méridionales montrent même des recouvrements et des structures en écailles, faisant suite au pli-couché de Damas décrit par L. Kober.

La série stratigraphique s'établit ainsi :

Albien (?). — Le noyau des rides de la région de Palmyre est formé de gypse, avec des lambeaux d'argiles rouges et vertes, de grès bariolés et de calcaires en plaquettes, qui rappellent l'Albien du Liban. Le faciès gypseux pourrait accompagner la transgression albienne éphémère constatée au Liban.

Cénomanien-Turonien. — Ces étages comportent : 15^m de marnes verdâtres, fissiles, à *Hemiaster* (*Mecaster*) *syriacus* Conr., *Diplopodia hermonensis* Lor., *Exogyra flabellata* Goldf., *E.* aff. *africana* Coq, etc. (1); 80^m de dolomies brunes, massives, à Caprinidés; 20^m de calcaires dolomitiques rosés, à rognons de silex, gréseux au toit.

Emscherien (?). — Il est formé de 12^m de silex massif à *Cœlopoceras* n. sp., aff. *Namadoceras Bosei* Vred. du Cénomanien-Turonien de l'Inde.

Campanien-Maestrichtien. — Le complexe comprend : 20^m de silex, de phosphates et de calcaires silicifiés, avec : *Baculites anceps* Lmk., *Inoceramus regularis* d'Orb., *Ostrea Nicaisei* Coq.; 20^m de calcaires en plaquettes, avec intercalations de phosphates tendres, passant au toit à une craie jaune. A Soukhné, les calcaires en plaquettes ont un équivalent marneux à *Alectryonia Aucapitainei* Coq., *Ostrea Villei* Coq., etc. Enfin, suivent 200^m de craie, blanche à la base, rosée et grise au sommet, avec intercalation de 5^m de silex.

Nummulitique. — L'Éocène inférieur et moyen est représenté, dans la partie orientale de la région décrite, par 15-50^m de calcaires à *Nummulites* cf. *globulus* Leym., et l'Éocène supérieur ou l'Oligocène dans la région du Djebel Bichri, par 25-50^m de calcaires crayeux rosés, avec conglomérats à la base, calcaires qui fournissent : *Schizaster rimosus* Desor, *Euspatangus ghiavanensis* Gauth., *Linthia bisulca* Gauth., des Térébratules, etc. Puis suivent 10^m de calcaires à Operculines, peut-être déjà miocènes.

Burdigalien. — Il est composé de : 25^m de grès bariolés à petites Lépidocyclines et à *Pecten* du groupe *P. cristato-costatus* Sacco; 25-60^m de calcaires crayeux, avec conglomérats au milieu et au sommet (*Craie à Spatangidés* de l'Irak), fournissant une faune d'Échinides identique à celle du Burdigalien de Malte : *Schizaster Parkinsoni* Defr., *Opisaster Scillæ* Wright, *Lovenia Gauthieri* Cott., *Brissopsis crescenticus* Wright, *Gregoryaster coranguinum* Greg., et des *Pecten* très abondants : *P.* cf.

(1) Dans la détermination des nombreux fossiles recueillis en Syrie, nous avons été aidés par MM. H. Douvillé, J. Lambert, J. Cottreau, F. Roman et Mlle E. David.

Zitteli Fuchs; 100^m de grès bariolés à : *Eulepidina elephantina* Mun.-Chal., *E. dilatata* Mich., *Nephrolepidina marginata* Mich., *N. Tournoueri* Lem. et R. Douv., Amphistégines, Heterostégines, *Cycloclypeus*, *Metalia Melitensis* Wright, *Pecten Fuchsi* Font., *Ostrea Virleti* Desh. Vers le sommet des dômes, la « craie à Spatangidés » passe latéralement à des grès.

Vindobonien. — Au pied des dômes et dans les plaines, les grès sont recouverts par des marnes calcaires, parfois oolithiques (0 à 60^m), dites « série de transition » en Irak; puis viennent 50^m de calcaires poreux à *Pecten opercularis* cf. *Zitelli;* enfin 200^m de gypse en gros bancs avec intercalations de marnes vertes et de calcaires caverneux, les deux à *Clausinella*.

Pliocène et quaternaire. — Des coulées balsatiques clairsemées à travers le désert doivent être contemporaines des grands épanchements volcaniques du Djebel Druse et dater de la fin du Pliocène. Aussitôt après, a suivi un alluvionnement important aux abords des massifs montagneux. Les terrasses de l'Euphrate enfin datent du Quaternaire.

L'évolution structurale. — Les faciès du Crétacé et du Tertiaire, observés dans la région de Damas, Palmyre, Soukhné, sont néritiques et moins profonds que les faciès correspondants des massifs de la côte méditerranéenne. La zone précitée semble limiter à peu près la partie du socle de l'Arabie qui est restée émergée ou fut recouverte seulement de mers peu profondes.

L'Albien correspond à un épisode lagunaire ; puis, depuis le Cénomanien et jusqu'à la fin du Sénonien, régna un régime marin peu profond, avec cependant approfondissement au Campanien et au Maestrichtien. Puis des déformations continues font apparaître des dômes et entraînent une suite de transgressions et de régressions. La transgression de l'Éocène inférieur et moyen couvre au moins le Nord-Ouest de la région décrite, tandis que la transgression de l'Éocène supérieur ou de l'Oliogcène semble avoir été plus généralisée. Au Miocène se succèdent : 1° une transgression burdigalienne qui établit une communication de la Méditerranée et du Golfe Persique par Anah, Abou-Kemal, Souhhné, Palmyre, Karyatein et Homs ; 2° une transgression helvétienne avec la dernière communication des deux mers, par la région d'Alep et d'Idlib, et dont le retrait fut accompagné par le dépôt de la série gypseuse miocène. Le volcanisme et l'alluvionnement, pliocènes, précèdent les modifications profondes de la structure du pays survenues au Pléistocène.

En terminant, nous remarquons que la faune de la craie à Spatangidés, incontestablement burdigalienne par les Échinides et malgré la présence de Lépidocyclines dans les grès immédiatement sus-jacents, amènera à revoir les attributions actuellement admises pour le Miocène de l'Irak.

PÉDOLOGIE. — *Les types de sols dans le paysage du lœss en Alsace.* Note de M. **Henri Erhart**, présentée par M. L. Cayeux.

Nous avons démontré [1] que les cinq sols enterrés qu'on rencontre dans le lœss ancien des carrières d'Aachenheim près Strasbourg étaient des types de sols forestiers résultant d'une dégradation plus ou moins complète d'un tschernoziome primitif. Nous avons ainsi mis en lumière l'existence d'une forêt succédant à la steppe.

Fait remarquable, les cinq types de sols ainsi réalisés sont restés fixes et n'ont plus subi de modification depuis l'époque où ils constituaient des terres de végétation. Ainsi par exemple le type de sol, le plus dégradé par la végétation forestière et complètement décalcifié à cause d'elle, n'a pas changé ses caractères morphologiques et ne s'est pas recalcifié malgré qu'il ait « au toit et au mur » du lœss typique très riche en carbonate de chaux.

Le lœss récent, tel qu'on le voit dans les carrières d'Aachenheim ne fournit pas de sols bien typiques. Quelques bandes très légèrement rubéfiées qu'on trouve dans la formation témoignent d'anciennes surfaces de végétation, mais les couches en question ne présentent aucun caractère pédologique particulier et ont une teneur en carbonate de chaux sensiblement égale au lœss typique. Nous savons par la faune qu'on a trouvée dans le lœss récent d'Aachenheim, que l'ensemble de la formation marque une période beaucoup plus froide que celle de l'époque du lœss ancien.

Une étude détaillée des sols de culture qu'on rencontre dans le paysage du lœss au nord et au sud d'Aachenheim précise la portée des observations faites dans les carrières citées.

De très nombreuses fosses, creusées dans les champs jusqu'à la profondeur de 2^m, nous ont permis de retrouver les différents types de sols du lœss ancien avec les principaux caractères morphologiques et chimiques qui les distinguent entre eux. Ils forment des sols de culture divers, suivant le type dont il s'agit et suivant que c'est la couche A ou B [2] qui

(1) H. Erhart, *Sur la nature et la genèse des paléo-sols du lœss ancien d'Alsace* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 554).

(2) Dans les types de sols en question on désigne par la lettre A la couche supérieure fortement humifère et noirâtre ayant ordinairement une épaisseur de 80^{cm} à 1^m. La lettre B désigne la couche sous-jacente qui diffère très nettement de A par une couleur rouge brun, une structure plus compacte, la présence de taches de rouille, une épaisseur pouvant atteindre jusqu'à 2^m.

affleure. La caractéristique chimique principale de ces sols, c'est d'être toujours plus ou moins complètement décalcifiés et d'avoir une réaction nettement acide (valeur pH oscillant autour de 5). Si le paléo-sol qui affleure est entier, c'est-à-dire qu'aucune partie n'a été enlevée par l'érosion, son épaisseur peut atteindre 3^m comme dans la coupe d'Aachenheim.

Comme là-bas ces sols ont conservé, malgré une culture séculaire, l'empreinte puissante de la vieille forêt de l'époque du lœss ancien.

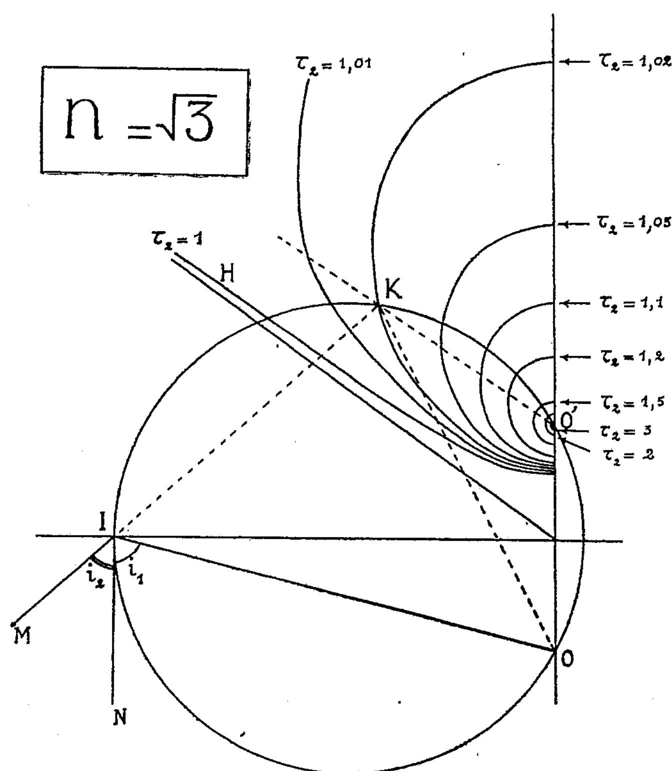
En opposition avec ces sols anciens, les sols que nous appelons sols récents du lœss, et par quoi nous comprenons les terres végétales formées aux dépens du lœss récent ou formées à une époque récente aux dépens du lœss typique ancien, mis à nu par l'érosion, ne sont jamais que très peu décalcifiés, ont une réaction voisine de la neutralité (pH oscillant autour de 7), ne présentent pas de poupées calcaires et ne dépassent pas généralement 80^{cm} d'épaisseur.

Nous concluons de ces observations que, presque partout dans le paysage du lœss où l'on trouve des terres décalcifiées et lehmifiées, on n'a pas à faire à un phénomène de décalcification actuelle par ruissellement superficiel ou par infiltration des eaux, tel qu'on l'invoque généralement, mais à l'affleurement ou au transport d'un ancien sol forestier de l'époque du lœss ancien. Il apparaît, qu'en réalité le phénomène de décalcification des sols a été à travers l'époque du lœss récent et est actuellement un phénomène très lent et insignifiant, ce qui est nettement démontré par l'examen pédologique des sols récents.

Pour ce qui concerne la pratique agronomique, nos constatations entraînent la possibilité de cartographier les différents types de sols du lœss, d'indiquer pour chaque type les amendements utiles et le choix rationnel des cultures. Ainsi il ressort de nos études que le houblon, plante particulièrement précieuse dans l'économie agricole d'Alsace, ne fournit une récolte de qualité et ne développe son arome maximum que sur les différents types forestiers du lœss ancien.

SISMOLOGIE. — *Sur la réflexion à la surface du sol d'une onde sismique sphérique et isotrope.* Note [1] de M. L. CAGNIARD, présentée par M. Ch. Maurain.

J'ai décrit (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 899) l'onde de condensation qui prend naissance par suite de la réflexion d'une onde de condensation sphérique, isotrope et de constitution arbitraire sur la surface plane d'un



sol assimilé à un solide homogène isotrope, élastique, semi-indéfini. Je décris aujourd'hui la fonction B qui, suivant les dénominations antérieures, que je conserve, définit l'onde réfléchie de distorsion.

Considérons la ligne brisée OIM, et soient i_1, i_2 les angles de IO, IM avec la normale IN à la surface du sol. Ces angles satisfont à la loi de

(1) Séance du 7 mars 1932.

réflexion

$$(1)\qquad \tau_2^2 = \frac{\sin^2 i_1}{\sin^2 i_1 - \sin^2 i_2}\left(\cos^2 i_2 - \frac{\cos^2 i_1}{n^2}\right),$$

où τ_2 est un paramètre réel qui varie de o à $+\infty$.

Le prolongement de IM coupe en K le cercle OIO′; KM est la bissectrice extérieure de l'angle OKO′. Pour chaque valeur de τ_2, le lieu de K est une surface fermée, de révolution autour de OO′ et de forme ovoïde. Les divers ovoïdes sont emboîtés les uns dans les autres : pour τ_2 infini, ils deviennent des sphères de centre O′ et de rayon infiniment petit; pour $\tau_2 = 1$, ils s'ouvrent et forment l'une des nappes de l'hyperboloïde H qui constitue, au sens de la sismologie géométrique, l'anticaustique de chemin sismique nul. Nous poserons enfin

$$(2)\qquad \overline{\mathrm{KM}} = \overline{\mathrm{OI}}\,\frac{\sin i_2}{\sin i_1} + \overline{\mathrm{IM}} = r'',$$

$$(3)\qquad \tau_2 = \frac{\Omega_2 u}{r''}.$$

Les formules (1), (2), (3) ou une construction géométrique fondée sur le tracé préalable des ovoïdes permettent de passer du système des variables ρ, z, u au système i_2, r'', τ_2 dans lequel les variables de temps et d'espace se trouvent amalgamées et grâce auquel on peut obtenir une expression relativement simple de B.

B est nul pour $< \tau_2$ 1. Le front d'onde correspond à $\tau_2 = 1$. Il est commode de désigner par I_1, I_2, R'' les valeurs particulières, purement géométriques, de i_1, i_2, r'' pour $\tau_2 = 1$. L'équation du front d'onde est alors

$$R'' = \Omega_2 t.$$

Ce front est donc une surface parallèle à l'hyperboloïde H; il se déplace vers le bas avec une vitesse normale égale à Ω_2 et il coïncide (virtuellement) avec H à l'instant zéro.

Les trois fronts d'onde de Ψ_1, Ψ_2 et Ψ_3, U coupent la surface du sol suivant un même cercle.

Pour $\tau_2 > 1$, B n'est pas nul; il convient alors d'envisager deux cas suivant la grandeur relative de $\tau_2 \cos i_2/\Omega_2$ et de $\sqrt{1/\Omega_2^2 - 1/\Omega_1^2}$.

1° Si $\tau_2 \cos i_2/\Omega_2 > \sqrt{1/\Omega_2^2 - 1/\Omega_1^2}$

$$B(u) = B_1(u) = -\frac{4\sqrt{\tau_2^2 - 1}}{\pi\rho\Omega_2}\sin i_2 \int_0^1 \mathcal{J}\left[\frac{t - h\sqrt{\xi_2^2 - \left(\frac{1}{\Omega_1^2} - \frac{1}{\Omega_2^2}\right)} - \xi_2 z}{\sqrt{F(\xi_2)}}\,\xi_2 f(\xi_2)\right] dv,$$

où l'on pose

$$\xi_2 = \frac{\tau_2 \cos i_2 + iv\sqrt{\tau_2^2 - 1}\sin i_2}{\Omega_2},$$

$$f(\xi_2) = \frac{\xi_2^2 - \frac{1}{2\Omega_2^2}}{\xi_2\left(\xi_2^2 - \frac{1}{\Omega_2^2}\right)\sqrt{\xi_2^2 - \left(\frac{1}{\Omega_2^2} - \frac{1}{\Omega_1^2}\right)} - \left(\xi_2^2 - \frac{1}{2\Omega_2^2}\right)^2},$$

$$F(\xi_2) = -\xi_2^2(h^2 + z^2 + \rho^2) - t^2 + h^2\left(\frac{1}{\Omega_2^2} - \frac{1}{\Omega_1^2}\right) + \frac{\rho^2}{\Omega_2^2} - 2\xi_2 hz\sqrt{\xi_2^2 - \left(\frac{1}{\Omega_2^2} - \frac{1}{\Omega_1^2}\right)}$$
$$+ 2th\sqrt{\xi_2^2 - \left(\frac{1}{\Omega_2^2} - \frac{1}{\Omega_1^2}\right)} + 2\xi_2 tz;$$

en convenant que

$$\mathcal{R}\left[\sqrt{\xi_2^2 - \left(\frac{1}{\Omega_2^2} - \frac{1}{\Omega_1^2}\right)}\right]$$

est positif, que $\sqrt{F(\xi_2)}$ est une fonction continue de v qui se réduit pour $v = 0$ à une imaginaire pure de coefficient positif.

2° Si

$$\frac{\tau_2 \cos i_2}{\Omega_2} < \sqrt{\frac{1}{\Omega_2^2} - \frac{1}{\Omega_1^2}},$$

il faut ajouter au terme précédent un terme complémentaire qui provient de l'existence d'une coupure dans le plan complexe :

$$B(u) = B_1(u) + B_2(u),$$

avec

$$B_2(u) = -\frac{4}{\pi\rho}\int_{\frac{\tau\cos i_2}{\Omega_2}}^{\sqrt{\frac{1}{\Omega_2^2} - \frac{1}{\Omega_1^2}}} \mathcal{R}\left[\frac{t - h\sqrt{\mu^2 - \left(\frac{1}{\Omega_2^2} - \frac{1}{\Omega_1^2}\right)} - \mu z}{\sqrt{F(\mu)}} f(u)\right]\mu\, d\mu,$$

où la variable d'intégration μ est réelle, où le radical $\sqrt{\mu^2 - (1/\Omega_2^2 - 1/\Omega_1^2)}$ est une imaginaire pure de coefficient positif et où $\sqrt{F(\mu)}$ est une fonction continue de μ qui se réduit à une imaginaire pure de coefficient positif à l'extrémité finale du parcours d'intégration.

Les propriétés de $B(u)$ sont tout à fait semblables à celles de $A_3(u)$. Le terme $B_2(u)$ n'a pas d'individualité physique. L'onde U persiste indéfiniment, même si le signal est de durée limitée.

D'autre part, le dénominateur de $f(\xi_2)$ ne possède que la racine $i\sqrt{1/\Omega_3^2 - 1/\Omega_2^2}$. La variable ξ_2 n'égale jamais cette racine mais peut en

approcher beaucoup. Aux époques voisines de R/Ω_3 quand la droite OM est peu inclinée sur l'horizon et quand R est grand par rapport à h, il en résulte un phénomène superficiel, pour lequel on peut définir une sorte de vitesse de propagation égale à la vitesse de phase de l'onde de Rayleigh, mais qu'on ne peut dissocier effectivement de l'onde réfléchie de distorsion.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Valeurs des éléments magnétiques à la station du Val-Joyeux (Seine-et-Oise) au 1er janvier* 1932. Note de MM. **L. Eblé** et **G. Gibault**, présentée par M. Ch. Maurain.

Les valeurs données ci-dessous des éléments magnétiques au 1er janvier 1932 sont les moyennes de toutes les valeurs horaires relevées au magnétographe Mascart pendant les mois de décembre 1931 et janvier 1932; elles résultent donc de 1488 lectures. On peut espérer éliminer ainsi l'influence des irrégularités qui ont pu se produire aux environs du 1er janvier.

La variation séculaire des différents éléments est déduite de la comparaison entre les valeurs actuelles et celles qui ont été présentées pour le 1er janvier 1931.

Valeurs absolues et variation séculaire des éléments magnétiques à la Station du Val-Joyeux.

(Latitude : 48°49′16″; longitude : 2°0′52″ E. Gr.)

	Valeurs absolues pour l'époque 1932,0.	Variation séculaire.
Déclinaison	10°43′,5	−11′,0
Inclinaison	64°43′,7	+ 1′,4
Composante horizontale	0,19634	− 0,00003
» verticale	0,41590	+ 0,00037
» Nord	0,19291	+ 0,00009
» Ouest	0,03654	− 0,00062
Force totale	0,45992	+ 0,00034

La variation séculaire présente les mêmes caractères qu'en janvier 1931.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur deux gisements de plantes tertiaires dans le Bas-Rhin.* Note de M. **R. Hickel**, présentée par M. L. Cayeux.

J'ai pu, l'an dernier, grâce à M. Noël, explorer deux gisements d'*âge probablement pliocène*, renfermant de nombreux débris végétaux, qui n'avaient pas encore été signalés. Ces gisements se trouvent non loin du village de Soufflenheim (Bas-Rhin), dans un talus qui s'étend, plus ou moins visible, plus ou moins abrupt, du nord de Strasbourg jusqu'auprès de notre frontière Nord.

Le premier gisement, qui se trouve dans l'emprise de la forêt de Haguenau, à 3^{km} à peine de Soufflenheim, repose sur des argiles réfractaires. La coupe du terrain s'établit comme suit :

Terre humifère	0,60
Sable gris	4,90
Débris végétaux	0,35
Argile et concrétions ferrugino-calcaires	1,30
Sable et limon	4,80
Débris de bois	0,40
Argile réfractaire	3,50
(Niveau de la plaine)	–

Ce premier gisement fossilifère se compose de débris ligneux plus ou moins altérés, de couleur noirâtre, tous fortement aplatis, auxquels sont mélangés de nombreux cônes de Pins, de 8 à 13^{cm} de long, fortement aplatis, souvent intacts. Ces cônes n'appartiennent à aucune des espèces actuellement vivantes, et autant que j'ai pu en juger, à aucune des espèces décrites jusqu'à présent, dans des gisements analogues. Je propose de désigner cette espèce sous le nom de *Pinus Noellii*.

La coupe du second gisement, situé à moins de 1^{km} de Soufflenheim, est sensiblement différente de celle du premier :

Sables jaunes et rouges avec couches de graviers	10,20
Argile	2
Sables gris fossilifères	2,40
Argile	5
Sables gris	5

Les débris végétaux sont ici beaucoup plus variés, épars dans un sable assez grossier. C'est essentiellement un gisement de fruits et de graines avec,

épars, des fragments de tiges, souvent de fortes dimensions, dont le bois est peu altéré. J'y ai reconnu notamment le bois d'un Hètre (l'étude microscopique de ces bois, est en cours.

Ce gisement n'a donné jusqu'à présent aucun cône de Pin. Il y a, par contre, été trouvé un cône, en excellent état, d'un *Picea* qui ne paraît guère différer du *P. encelsa* actuel. Assez nombreuses sont les écailles du cône d'une Abiétinée que je n'hésite pas à rapporter au genre *Pseudolarix*, actuellement confiné en Extrême-Orient et qui n'a, je crois, jamais été signalé jusqu'à présent dans les gisements similaires. Citons encore des écailles d'un cône de *Tetraclinis* et des feuilles d'*Abies*.

Les espèces d'Angiospermes sont assez nombreuses; ce sont : des fruits, de très petite taille, d'un *Carya*, genre de Juglandacées qui n'a actuellement de représentant qu'en Extrême-Orient et dans l'Amérique du Nord; des débris de noix d'un *Juglans*; des fruits d'un *Alnus* très proche de l'*A. viridis* des Alpes; des noisettes (*Corylus*); des cupules, en très grande quantité, d'un Hêtre (*Fagus pliocenica?*); des cupules d'un Chêne de la section *Lepidobalanus*; des graines de *Magnolia* (*M. obovata*); des noyaux d'un *Prunus*, sensiblement identiques à ceux du *P. spinosa*; diverses graines de Papilionacées et des épines ramifiées qu'on ne peut guère attribuer qu'à un *Gleditschia*; des graines d'un *Aesculus*, très voisin d'*A. hippocastanum*; des graines de *Nyssa*; des fruits composés d'un *Benthamia* (?); des graines, extrêmement nombreuses, d'un *Styrax* (*S. japonicus*).

Ce qui frappe dans cette énumération, comme dans la plupart des gisements similaires, c'est la présence, à côté de genres encore représentés en Europe (*Abies*, *Picea*, *Pinus*, *Alnus*, *Fagus*, *Quercus*, *Corylus*, *Prunus*, *Aesculus*), d'autres (*Pseudolarix*, *Nyssa*, *Benthamia*, *Magnolia*, *Gleditschia*, *Carya*) qui n'ont actuellement de représentants que dans l'Asie orientale ou l'Amérique du Nord, ou dont les représentants à Soufflenheim se rapprochent beaucoup plus des espèces extrême-orientales que des espèces européennes actuelles (*Styrax*).

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations caryologiques supplémentaires sur quelques* Gossypium. Note de M. **J. Szymanek**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Nous avons résumé ([1]) un examen cytologique de deux espèces de coton (*Gossypium herbaceum-indicum* et *G. hirsutum*) et du produit de leur croisement. Nous avons trouvé que leur constitution cytologique est presque identique et avons fait connaître que ces deux espèces se laissent croiser, et donnent des hybrides fertiles et même d'une valeur pratique, contrairement aux expériences infructeuses signalées jusqu'à présent.

Nous avons étendu ces recherches sur *G. arboreum-sanguineum*, *G. vitifolium*, *G. punctatum* et sur les hybrides expérimentalement réalisés entre les deux derniers et le *G. herbaceum-indicum*. Le matériel dont nous disposions a été moins favorable que le précédent et nous donnons seulement les nombres de chromosomes au stade diploïde.

Les énumérations dans les cellules somatiques nous donnent :

	$2n$.
G. vitifolium, var. *Ishan*	20 à 26
G. punctatum, var. *Barouéli*	18 à 22
» var. *Koriba*	20 à 26
G. arboreum-sanguineum	20 (env.)
Hybride de : ♂ *G. vitifolium*, var. *Ishan* × ♀ *G. herbaceum-indicum*, var. *Karangani*	20 à 26
Hybride de : ♂ *G. vitifolium*, var. *Ishan* × ♀ *G. punctatum*, var. *Saria*	22 à 26

Zaïtzew et Banerji ([2]) donnent en chiffres nets :

G. vitifolium	52
G. punctatum	52
G. arboreum-sanguineum	26

La forme des chromosomes que nous avons observée est le plus souvent en bâtonnets recourbés en croissants.

La taille des chromosomes est très variable selon les espèces et aussi pour

([1]) J. Szymanek et P. Gavaudan, *Observations caryologiques sur quelques Gossypium* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 123).

([2]) J. Banerji, *The chromosomes numbre of Indian Cotton* (*Ann. of Botany*, 43, 1929, p. 603-607).

une espèce donnée en des régions du soma différentes : stigmate, pétale, placenta, etc.

L'examen des sacs anthéridiens des hybrides révèle souvent des divisions incomplètes des cellules mères, arrêtées aux stades de diades : ceci confirme des observations de Kono Yasui ([1]) faites dans l'hybride interspécifique de Pavot.

Pour compléter les données de nombres de chromosomes par celles du *G. punctatum* (?), var. *Saria*, nous avons essayé de faire germer les graines à l'étuve, à environ 25°C., ici au laboratoire, tandis que le reste du matériel d'étude récolté est fixé sur place au Soudan français. La germination s'effectuait normalement; mais, à l'examen cytologique des radicelles ou des cotylédons, nous n'avons trouvé qu'une ou deux divisions mitotiques, par contre, nous avons constaté de nombreuses divisions directes. Des cellules binucléées sont très nombreuses et l'on en trouve même quelques-unes possédant trois noyaux. Les noyaux présentent des états de division le plus souvent en forme d'haltères.

L'absence de divisions mitotiques s'était rencontrée aussi dans des graines germées au Soudan à la température ambiante et dans des graines germées ici au laboratoire, mais à une température d'environ 18°C.; dans l'un et dans l'autre cas, la germination se déroulait normalement, sans aucune anomalie macroscopiquement perceptible.

La division amitotique a été remarquée par Cannon ([2]) aussi dans des cellules mères des hybrides de Coton, mais l'auteur met en doute le pouvoir fécondateur des microspores d'origine amitotique.

Les tissus embryonnaires sont très riches en substances amyloïdes, leur réaction microchimique dépend de leur état de différenciation.

L'hybride de *G. vitifolium* × *G. herbaceum*, espèces considérées ayant l'une en $2n$ 52 chromosomes, l'autre en $2n$ 26 chromosomes, conditions inhibitives de croisement d'après Zaïtzew, différence que nous n'avons pas constatée, nous fait rappeler les travaux de Hagerup sur la polyploïdie et ceux de Katavama sur l'influence du milieu sur les divisions cellulaires chez d'autres végétaux.

L'utilité pratique des hybrides obtenus, surtout de *G. vitifolium* × *G. punctatum* consiste dans une notable augmentation de la résistance du F_1

([1]) Kono Yasui, *Cytological Studies in artificially raised interspecific Hybrids of Papaver* (*Cytologia*, 2, 1931, p. 402-419).

([2]) W. A. Cannon, *Studies in Plant Hybrids : The spermatogenesis of Hybrid Cotton* (*Bull. of the Torrey Bot. Club*, 30, 1903, p. 133-172).

tant aux variations climatiques qu'aux maladies cryptogamiques et aux attaques d'insectes, tout en donnant un produit en fibres quantitativement et qualitativement satisfaisant et, sous certains rapports, même supérieur à celui des parents (1).

Comme nous l'avons déjà signalé, les hybrides tiennent, dans ce cas-ci également, par leur aspect général plus du parent maternel que du parent paternel.

CYTOLOGIE. — *La conservation, dans les coupes à la paraffine, des marques vitales au brun Bismarck et au sulfate de bleu de Nil, faites sur les œufs vivants d'Amphibiens.* Note de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Maurice Caullery.

La coloration vitale des territoires d'un œuf en développement, opérée suivant la technique de W. Vogt (2), met en lumière leurs déplacements, établit leur valeur prospective dans l'édification des feuillets et des ébauches et impose l'abandon d'idées générales communément admises sur la gastræa, l'entérocœlie, la théorie de la concrescence, etc. Mais la conservation des marques vitales sur les coupes sériées, après fixation, déshydratation et enrobage des pièces à la paraffine, n'a fait encore que des progrès restreints; cependant elle seule permettrait d'analyser avec précision dans le détail la migration des cellules colorées, de mesurer au cours de celle-ci leurs potentialités réelles et démontrerait sans conteste sur le vu de préparations stables le degré de participation des ébauches dans la formation des organes.

Deux colorants vitaux basiques : le sulfate de bleu de Nil et le brun Bismarck ont pu jusqu'ici, dans une certaine mesure, être conservés séparément sur les coupes. Lehmann (1928) (F. E. Lehmann, *Verh. Deutsch. Zool. Gesellsch.*, 32 Jahresvers 1928, München) pour le premier, Weissenberg (1929) (3) pour le second, ont été les promoteurs d'un procédé capable de fixer seulement une des couleurs. Mais il y a grand intérêt à garder

(1) J. Szymanek et O. Roehrich, *Examen technologique de la fibre de quelques cotonniers expérimentés au Soudan Français et de leurs Hybrides* (*Coton et Culture cotonnière*, 6, III, 1931, p. 187-198).

(2) W. Vogt, 1925 ; *W. Roux'Archiv. f. Entwick-Mech.*, **106**, 1929, p. 542-611, 16 fig.; **120**, 1929, p. 384-707, 95 fig.

(3) Weissenberg, *Roux'Archiv*, **110**, 1929, p. 449-485. Taf. IX.

intactes, côte à côte, les marques des deux colorants sur les territoires voisins d'un même œuf; leur contraste en effet, comme sur l'œuf vivant, rend chacune d'elles plus visible et les résultats acquièrent plus de précision et d'ampleur quand, au lieu d'une marque unicolore étendue, on aligne une série de petites taches alternativement bleues et rouges.

1° *Pour la conservation du sulfate de bleu de Nil*, Lehmann fixe au Zenker acétique 2 heures, lave 2 heures à l'eau courante, passe 2-3 heures dans une solution d'acide phosphomolybdique à 1 pour 100, lave encore de 1 à 2 heures; puis, dans la série des alcools de déshydratation, il met seulement 0,1 pour 100 d'acide phosphomolybdique dans l'alcool à 70°, laisse la pièce 2 heures dans l'alcool simple à 80°, 10' dans l'alcool à 96° et se sert du chloroforme comme solvant de la paraffine. Adams (1928) [1] remplace le fixateur de Zenker par celui de Helly (Zenker-formol) et déshydrate par l'acétone. Stone (1932) [2] opère comme Lehmann, mais ajoute 0,1 pour 100 d'acide phosphomolybdique aux nombreux alcools de déshydratation graduée, y compris l'alcool absolu, qu'il emploie et dans chacun desquels il laisse la pièce 1 heure.

Ces procédés sont passibles de certaines critiques : la durée de fixation pour les œufs et les embryons très perméables des Amphibiens est trop longue; la présence d'acide acétique est inutile; les lavages réitérés à l'eau courante sont nuisibles; le passage dans les alcools est beaucoup trop lent.

2° *Pour la conservation du brun Bismarck*, Weissenberg fixe les germes de Lamproie au liquide de Bouin dépourvu d'acide acétique et additionné pour 1/3 de solution de sucre à 6 pour 100; il déshydrate en 1 h.-1 h. 1/2, par la série des alcools et fait des coupes très épaisses, de 50 à 100µ. Sur les Amphibiens, où j'ai essayé le procédé, l'addition de sucre au Bouin ratatine les œufs, la déshydratation est encore trop lente et les coupes trop épaisses.

3° Je suis parvenu à conserver en teinte vive sur le même œuf les marques des deux colorants par un procédé simple. Les règles qui m'ont guidé ont été de pénétrer le plus tôt possible la pièce par les acides phosphomolybdique et picrique qui insolubilisent les colorants, de les garder à son contact jusqu'au solvant de la paraffine et de passer très rapidement ensuite dans les alcools de déshydratation qui décolorent.

a. Fixation. — Deux fixateurs peuvent être employés : 1° *Le Zenker-picrique.* On

(1) Adams, *Science*, 68, 1928, p. 303-304.
(2) L. S. Stone, *Anat. Record.*, 51, III, 1932, p. 267-275.

ajoute au mélange de Zenker sans acide acétique des cristaux d'acide picrique en excès, qui le saturent sans le précipiter. 2° *Le sublimé picrique phosphomolybdé.* A une solution de sublimé à 5 pour 100 on ajoute 2 pour 100 d'acide phosphomolybdique puis des cristaux d'acide picrique en excès. Durée générale de fixation : 1 heure. Le premier fixateur communique aux grains de pigment une teinte jaune rougeâtre qui fait ressortir les grains bleus, mais gène un peu la reconnaissance des grains colorés au B. B. Le second fixe bien le bleu et remarquablement le B. B.

b. Insolubilisation des couleurs. — Passage direct dans une solution aqueuse (E. dist.) saturée d'acide picrique, additionnée de 1 à 1 1/2 pour 100 d'acide phosphomolybdique. Le premier acide gonfle, l'autre resserre; la solution, abondante et renouvelée, lave la pièce et ne la déforme pas. L'œuf y séjourne 24 heures au moins ou plusieurs jours (stade d'attente) à la température du laboratoire (18° à 20° C.).

c. Déshydratation et enrobage. — Les alcools gradués à 15°, 30°, 50° et 80° sont à la fois picriqués (à saturation) et phosphomolybdés (1 pour 100); la pièce reste 3 minutes dans chacun d'eux, puis 3 minutes dans un mélange à parties égales d'alcool à 80° et de terpinol, et enfin mise dans le terpinol pur; la déshydratation a duré 15 minutes. Du terpinol on passe au toluène par transition d'un mélange *aa* des deux produits puis directement dans la paraffine à 52°, où la pièce reste 10 minutes environ.

Résultats. — Les coupes en série, d'une épaisseur de 12 à 18$^{\mu}$, colorées en jaune vif par l'acide picrique, sont d'une exécution facile, bien fixées, très lisibles sans aucune coloration subséquente; néanmoins, elles supportent à volonté une légère coloration nucléaire à l'hémalun acide renforcé de Masson (1 minute) que l'on bleuit par un simple passage dans une solution faible de carbonate de lithium. Les colorants vitaux tranchent vivement sur le fond jaune : le bleu, souvent verdi, teinte légèrement les plaquettes vitellines et se maintient foncé sur les grains de pigment; le brun Bismarck, d'un rouge orangé, colore d'un vif éclat, à la fois les *plaquettes vitellines* et les grains. Ce ne sont pas seulement les groupes cellulaires compacts et colorés qui retiennent l'attention; toute cellule isolée, issue d'une marque, garde, loin de ses origines, une coloration reconnaissable.

HISTOCHIMIE. — *Utilisation comparative d'une étincelle ou d'un arc dans la spectrographie des coupes (histospectrographie).* Note de MM. **A. Policard** et **A. Morel**, présentée par M. F. Mesnil.

Nous avons récemment montré (1) l'intérêt présenté en histochimie par l'emploi de la méthode histospectrographique. En faisant éclater, en un

(1) Policard et Morel, *Utilisation de la spectrographie de raies en histochimie (histospectrographie)* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 491).

point d'une coupe histologique, une étincelle de haute fréquence et en prenant un spectre d'émission de cette étincelle avec un spectrographe en quartz, on peut retrouver, sur ce spectre, les raies caractéristiques des éléments existant au niveau du point étincelé et libérés par l'étincelle.

I. L'obtention des raies sur le spectre dépend évidemment de la libération des éléments correspondants par l'étincelle. La méthode implique la destruction par carbonisation du point étincelé. Or, quand, dans les conditions de la technique, on emploie une étincelle de haute fréquence du type ordinaire, la destruction des tissus et la libération des éléments ne sont ni très rapides ni très complètes. Pour obtenir un bon spectre de raies, il faut, dans ces conditions, un étincelage de 1 à 2 minutes.

On obtient des résultats plus rapides et meilleurs en utilisant un arc au lieu d'une étincelle. Sans changer en quoi que ce soit le dispositif que nous avons indiqué, on rapproche la coupe au contact même de l'électrode supérieure fixe (fil de platine). Il arrive un moment où un arc jaillit. Cet arc fournit, avec une pose très courte (fraction de seconde), un spectre excellent qui révèle les raies de tous les éléments du tissu.

L'obtention d'un tel arc traversant et détruisant le tissu n'est possible qu'à la condition de disposer la coupe sur une lame métallique et de mettre celle-ci à la terre. C'est une condition essentielle. En utilisant le procédé de Walther et Werner Gerlach [1] avec la coupe disposée sur une lame de verre, on ne peut obtenir d'arc.

II. L'utilisation comparée, au niveau d'un point d'une coupe, d'une étincelle simple et d'un arc est intéressante au point de vue suivant.

Comme il est bien connu, les divers éléments sont, au niveau des tissus, engagés plus ou moins solidement dans des complexes chimiques; quand la combinaison est relativement lâche, une simple étincelle, qui dégage peu de chaleur, pourra libérer ces éléments dont les raies apparaîtront sur les spectres. Par contre, toutes choses étant égales d'ailleurs, les éléments engagés plus fortement dans des complexes ne seront pas dégagés; leurs raies ne seront pas dessinées dans le spectre. Mais en utilisant un arc qui dégage plus de chaleur, tous les éléments chimiques seront libérés, qu'ils soient libres, faiblement combinés ou solidement engagés dans des complexes.

---

[1] W. Gerlach, *Der Element Nachweis im Gewebe* (*Virchow's Arch.*, **282**, 1931, p. 208); W. Gerlach et Schweitzer, *Spectralanalytische Untersuchungen in chemische Microanalyse* (*Zeit. anorg. Chem.*, **195**, 1931, p. 255).

En comparant les spectres obtenus, d'une part avec une étincelle et d'autre part avec un arc, on pourra avoir une idée approximative sur la solidité avec laquelle un élément est engagé dans un complexe.

L'exemple suivant illustre ces faits.

En appliquant à une couche de sang une simple étincelle, le spectre obtenu ne montre pas les raies du fer. Avec un arc, les raies apparaissent. On sait que l'union du fer dans l'hémoglobine est très solide. Par contre, au niveau du foie, l'étincelle seule fournit dans le spectre les raies caractériques du fer. Dans les complexes ferrugineux du foie, le fer est moins solidement engagé que dans l'hémoglobine.

On voit qu'en faisant varier les modes de destruction localisée de la coupe, on pourra obtenir des renseignements intéressants non seulement sur la présence d'un élément chimique, mais encore, approximativement, tout au moins, sur la solidité plus ou moins grande de son union avec les complexes organiques des tissus.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Greffes de parties d'ébauches des membres postérieurs chez le crapaud accoucheur* (Alytes obstetricans *Laur.*). Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. M. Caullery.

J'ai exposé [1] des essais de production de membres surnuméraires sur des larves du crapaud accoucheur (*Alytes obstetricans* Laur.).

L'expérimentation (section longitudinale des ébauches des membres postérieurs), inspirée du travail de Tornier (*Arch. f. Entw. Mech.*, 20), m'avait donné des résultats différents de ceux de cet auteur; le demi-bourgeon dorsal, déterminé par la section, évoluait en un membre normal, tandis que le demi-bourgeon ventral était inhibé dans son développement.

Pour analyser les potentialités morphogènes intrinsèques de chacun d'eux, je les ai soustraits à l'influence de leur base normale d'implantation, en les greffant sur la tête de la même larve (*greffes hétérotopiques*).

L'expérimentation précédente avait été faite à différents stades de croissance de l'ébauche. J'ai procédé ici de même; et ai partagé ces greffes en quatre groupes [2] :

---

[1] *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 703.

[2] Cette discrimination n'a pas une exactitude rigoureuse quant à la croissance; les ébauches évoluent en passant d'un groupe dans l'autre par des stades intermédiaires. Les groupes considérés marquent les étapes les plus caractéristiques de la croissance

1° La longueur de l'ébauche L est plus petite que la largeur l ($L < l$);
2° La longueur égale la largeur ($L = l$);
3° La longueur est plus grande que la largeur ($L > l$);
4° La forme de l'ébauche représente une palette.
Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus.

La régénération donne :

Parties.	Nombres d'opérés	Résultats négatifs.	Boutons.	Moignons.	Membres à 1 doigt.	2 doigts.	3 doigts.	4 doigts.	5 doigts.	Formations multiples.	Membres anormaux.
					Groupe I.						
Dorsale...	7	1	–	3	–	1	2	–	–	–	–
Ventrale...	7	2	5	–	–	–	–	–	–	–	–
					Groupe II.						
Dorsale....	16	1	–	2	–	2	3	–	2	2	4
Ventrale...	23	3	11	1	1	1	–	2	–	–	4
					Groupe III.						
Dorsale...	15	2	3	2	–	2	2	1	–	–	3
Ventrale...	15	4	8	1	1	–	–	–	–	1	–
					Groupe IV.						
Dorsale...	11	2	3	2	–	–	2	–	–	1	1
Ventrale...	13	4	2	6	–	–	–	–	–	1	–

La première colonne, des résultats négatifs, indique les transplants qui ne se sont pas développés et ont régressé.

La seconde colonne, dénommée « boutons » représente les greffons qui n'ont fourni qu'une simple saillie circulaire sans morphologie précise.

Dans la troisième, appelée « moignons », les ébauches ont donné une partie de membre de l'importance d'un seul segment.

Dans cet ensemble, il faut tout d'abord tenir compte d'un certain nombre de résultats pour lesquels l'opération elle-même masque la réalité d'évolution du transplant. C'est ainsi que, dans le 4e groupe, où l'ébauche est nettement déterminée et la différenciation histologiqne déjà marquée,

---

et de la réaction de l'ébauche à l'expérimentation. Il eût été sans intérêt pour les résultats et plus compliqué pour leur compréhension d'augmenter le nombre des groupes considérés.

quelques cas ne fournissent, comme dans ceux des stades jeunes, qu'un simple bouton.

Cette déficience ne peut être imputable qu'à une influence opératoire, dont les facteurs importants sont les conditions de vascularisation et d'innervation.

En résumé, l'expérimentation conduit aux conclusions suivantes [1] :

Dans le 1er groupe, l'ébauche est totalement indéterminée (exception pour quelques évolutions limitées, fournies par des transplants pris à des stades intermédiaires entre ceux de ce groupe et le suivant).

Dans le 2e groupe, le bourgeon est morphologiquement déterminé. Chacune de ses moitiés susceptible de fournir un membre normal extériorise une potentialité totale plus grande que sa potentialité réelle. L'ébauche se présente comme un système équipotentiel.

Dans les 3e et 4e groupes, la détermination du bourgeon est réalisée préalablement à l'opération ; le processus de différenciation dans ses parties se précise. Progressivement le pouvoir régulateur disparaît.

Il est à noter que le pourcentage de résultats positifs (colonnes 5 et suivantes) est plus élevé pour les parties dorsales d'ébauches que pour les parties ventrales.

En conclusion, ainsi que je l'exprimais dans ma première Communication, au stade de bouton ($L < 1$), identique à celui utilisé par Tornier, la différence des résultats de cet auteur et des miens doit tenir à la différence des espèces employées (Alyte et Pélobate). Les apparences morphologiques des ébauches ne reflètent pas le même métabolisme.

Chez le Crapaud accoucheur, le stade correspondant, à celui du Pélobate dans l'expérience de Tornier, est représenté par les types du deuxième groupe, où $L = 1$.

C'est à cette étape, caractéristique de l'évolution de l'ébauche du membre, qu'il faut rechercher les conditions de production de formations multiples, dont je rendrai compte ultérieurement.

---

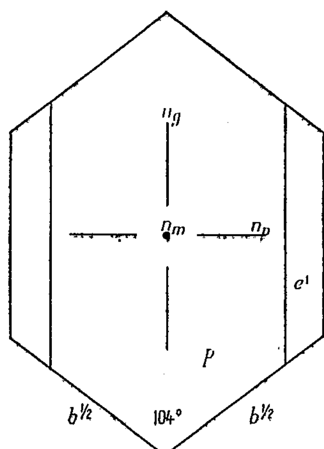
(1) Ces conclusions sont étendues et confirmées par 85 greffes d'ébauches entières ou partielles hétérotopiques, sur le flanc.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les hormones sexuelles cristallisées retirées de l'urine des juments gravides.* Note de MM. **A. Girard**, **G. Sandulesco**, **A. Fridenson**, **C. Gaudefroy** et **Ir. J. J. Rutgers**, présentée par M. R. Fosse.

Nous avons mis en évidence (¹) dans les urines des juments gravides l'existence de deux nouveaux corps cristallins à caractère d'hormones, accompagnant la folliculine.

Nous avons poursuivi l'étude de ces trois substances.

Description cristallographique de l'équiline et de la folliculine (C. Gaudefroy). — Les cristaux d'équiline (*fig.* 2) qui se déposent d'une solution



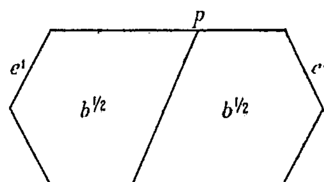
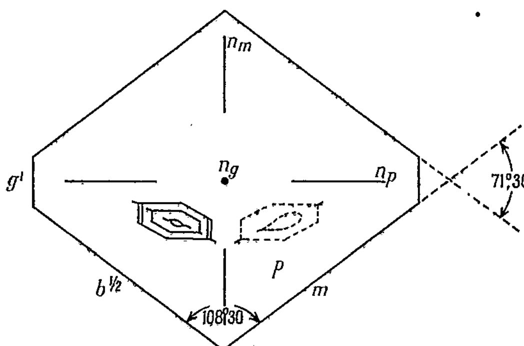


Fig. 1. — Folliculine, modification orthorhombique.



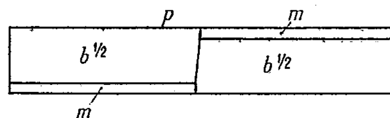


Fig. 2. — Équiline.

dans l'éther acétique sont transparents, fluorescents en violet clair dans l'ultraviolet de Wood, se présentent en paillettes ou en tables losangiques souvent tronquées aux angles aigus.

Ils sont du système orthorhombique avec l'hémiédrie énantiomorphe. Les faces observées sont $p\{001\}$ dominantes, $1/2\,b^{1/2}$ ou $1/2\,\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$ (sphénoïde inverse), $g^1\{010\}$, $m\{110\}$ petites et parfois $h^1\{100\}$.

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 909.

Les principaux angles sont :

$$m : m = 108^{\circ}30' \pm 10' \quad \text{et} \quad m : b^{1/2} = 168^{\circ}33' \pm 10';$$

les paramètres sont $a : b : c = 0,720 \pm 0,005 : 1 : 2,88 \pm 0,01$.

Les indices de réfraction sont

$$n_g = 1,705 \pm 0,005 \quad \text{suivant } Oz;$$
$$n_m = 1,677 \pm 0,005 \quad \text{suivant } Ox;$$
$$n_p = 1,534 \pm 0,003 \quad \text{suivant } Oy,$$

bissectrice aiguë. L'angle apparent des axes est voisin de 70°.

Clivage h^1 distinct, fragile.

L'équiline se distingue de la folliculine par ses propriétés cristallographiques et optiques. Tandis que l'équiline n'est connue que sous la forme orthorhombique, la folliculine est dimorphe : monoclinique (1) par précipitation dans l'alcool dilué, orthorhombique dans l'alcool méthylique pur. La modification monoclinique se transforme en l'orthorhombique par fusion ou sublimation.

La modification orthorhombique de la folliculine (*fig.* 1) se distingue de l'équiline d'abord par sa forme en tables épaisses hexagonales, biseautées sur deux de ses bords parallèles à une direction de symétrie.

Les faces observées sont : $p\{001\}$ dominantes, $e^1\{011\}$, $1/2\, b^{1/2}$ ou $1/2\,\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$ (sphénoïde inverse). Les paramètres sont :

$$a : b : c = 0,776 \pm 0,002 : 1 : 1,626 \pm 0,004.$$

Les indices sont : $n_g = 1,701 \pm 0,005$ suivant Ox; $n_m = 1,615 \pm 0,003$ suivant Oz; $n_p = 1,520 \pm 0,003$ suivant Oy.

Le signe optique est négatif comme pour l'équiline, mais l'angle apparent des axes optiques, voisin de 120°, ne permet pas de voir les pôles des deux axes à la fois comme dans l'équiline.

Enfin la folliculine orthorhombique a deux clivages p, h^1 distincts, tandis que l'équiline n'en a qu'un (2).

Équiline. — La formule de cette nouvelle hormone est très probablement $C^{18}H^{20}O^2$. Le corps, qui possède les mêmes groupements fonctionnels que la folliculine, s'en différencie au point de vue chimique par une double liaison supplémentaire mise en évidence par bromuration suivant la technique de Rosenmund.

(1) SLAWSON, *Journ. biol. Chem.*, 87, 1930, p. 373.

(2) Une description plus détaillée des deux corps sera faite dans un autre recueil.

Analyse (moyenne de 7 combustions) (RUTGERS) :

Trouvé : C pour 100, 80,07 ; H pour 100, 7,52. Calculé pour $C^{18}H^{20}O^{2}$: C pour 100, 80,55 ; H pour 100, 7,52.

Semi-carbazone : Aiguilles microscopiques (pyridine). F. 265-267° (corr.) (capill. immers. inst.). Très peu soluble dans l'alcool.

Oxime : Aiguilles prismatiques microscopiques (alcool dilué). F. 221-223° (corr.) en brunissant (tube capill. immers. inst.).

Dérivé benzoylé : Tablettes rectangulaires brillantes (alcool). F. 197-198° (corr.) (bain de mercure). Analyse (moyenne de deux combustions). Trouvé : C pour 100, 80,48 ; H pour 100, 6,55. Calculé pour $C^{25}H^{24}O^{3}$: C pour 100, 80,60 ; H pour 100, 6,50.

L'équiline est aisément sublimable dans le vide profond entre 170 et 200° et paraît posséder la même tension de vapeur que la folliculine.

Le spectre d'absorption dans l'ultraviolet est tout à fait analogue à celui de la folliculine donné par Butenandt ; il présente en solution alcoolique un maximum au voisinage de 2840 UA et un minimum au voisinage de 2500 UA. L'absorption augmente ensuite très rapidement dans l'ultraviolet.

Activité physiologique. — Pouvoir œstrogène sept fois inférieur à celui de la folliculine chez le rat adulte castré.

La nouvelle hormone provoque avec la même netteté l'ouverture prématurée du vagin des rats impubères suivant la technique de Doisy mais vis-à-vis de ce test particulier son activité est seulement inférieure de un tiers à celle de la folliculine.

Par des cristallisations répétées dans l'alcool méthylique des fractions les plus solubles et de faible pouvoir rotatoire $(\alpha)_D + 145°$ nous sommes parvenus à isoler à l'état de pureté une troisième hormone cristallisée qui semble répondre à la formule $C^{18}H^{20}O^{2}$ et serait ainsi un isomère de l'équiline, dont elle se différencie nettement par sa cristallisation en aiguilles et son pouvoir rotatoire spécifique faible $(\alpha)_D = +128°$ (à 1 pour 100 dans le dioxane). Elle fond à 233° (corr.).

Elle fixe le brome avec moins de facilité que l'équiline. Elle se sublime sans altération. La semi-carbazone est remarquable par son aspect gélatineux, se résolvant finalement en très fines aiguilles microscopiques.

Nous proposons pour cette nouvelle hormone sous le nom d'hippuline.

Analyse : *a*. Subst., $4^{mg},798$; CO^{2}, $14^{mg},178$; $H^{2}O$, $3^{mg},212$; Trouvé : C pour 100, 80,58 ; H pour 100, 7,49. *b*. Subst., $3^{mg},812$; CO^{2}, $11^{mg},228$; $H^{2}O$, $2^{mg},550$. Trouvé : C pour 100, 80,32 ; H pour 100, 7,49. Calculé pour $C^{18}H^{20}O^{2}$: C pour 100, 80,55 ; H pour 100, 7,52.

L'activité œstrogène de l'hippuline est approximativement la même que celle de l'équiline.

BACTÉRIOLOGIE. — *L'action prolongée du chlorure de potassium entraîne un déplacement de l'optimum thermique des levures.* Note [1] de Mmes **Eudoxie Bachrach** et **Jeanne Roche**, présentée par M. Charles Richet.

L'une de nous a indiqué antérieurement le fait curieux suivant. La culture prolongée d'une bactérie, le ferment lactique, en présence d'une forte dose de chlorure de potassium, entraîne un déplacement de l'optimum thermique de ce microrganisme. Ce déplacement se fait vers les hautes températures et est en fonction de la durée d'action du sel : élévation de 1° à 2° au bout d'un mois, de 5° à 6° au bout de 3 ans.

Nous nous sommes demandé si cette action du chlorure de potassium était spéciale à la bactérie lactique, ou si d'autres organismes unicellulaires réagissaient de la même manière.

Pour faire cette étude, nous nous sommes adressées à la levure.

Celle qui a servi à nos expériences est un *Saccharomyces* prélevé sur moût de poires.

Elle est sélectionnée à partir d'une seule cellule et cultivée sur eau de levure.

Partant de cette souche témoin, on en constitue une seconde qui est cultivée sur eau de levure additionnée d'une forte dose de KCl (100 pour 1000). Cette concentration de KCl ne permet dans les premiers jours qu'une très minime multiplication des cellules. Mais l'accoutumance est ensuite rapide.

L'optimum thermique est déterminé sur des souches cultivées en milieu bien aéré, par la numération des cellules dans les cultures faites à différentes températures. L'optimum obtenu est donc relatif à la multiplication cellulaire.

Les essais ont été effectués à deux époques différentes : 1° quand la souche intoxiquée avait subi l'action de KCl pendant 5 mois; 2° quand elle l'avait subie pendant 10 mois. Les deux souches, témoin et intoxiquée, sont comparées en les mettant toutes deux soit sur milieu témoin, soit sur milieu toxique.

Les résultats obtenus sur les deux milieux sont complètement concordants. La température optima de la souche témoin est, dans les deux

---

(1) Séance du 21 décembre 1931.

cas, 30°, tandis que l'optimum thermique de la levure intoxiquée par KCl est déplacé vers les hautes températures.

Le déplacement est de 2°,5 au bout de 5 mois, de 3° au bout de 10 mois.

Conclusion. — *Sous l'influence du chlorure de potassium une des propriétés biologiques de la levure se modifie*, à savoir *l'optimum thermique de multiplication.*

Tout comme dans le cas de la bactérie lactique, *la modification consiste en un déplacement de la température optima vers les hautes températures*, et *elle est fonction de la durée d'action* du sel.

Cette constatation faite sur deux microrganismes fort différents laisse supposer qu'il doit s'agir là d'un fait ayant une portée biologique assez générale.

BACTÉRIOLOGIE. — *Remarques sur le pouvoir bactéricide de l'argent métallique* (1). Note (2) de MM. **Ph. Lasseur, M. Pierret, A. Dupaix** et **C. Maguitot**, présentée par M. H. Vincent.

Lakhovsky (3) signale l'action des circuits oscillants ouverts sur les êtres vivants, et le 15 avril 1929 le même auteur (4) étudie la stérilisation de l'eau et des liquides par les circuits en métal en contact direct avec le liquide.

En 1931 Dienert et Étrillard essaient de stériliser l'eau à l'aide de spirales métalliques; mais les auteurs ne pensent pas pouvoir admettre « l'explication physique de M. Lakhovsky ».

L'un de nous (Pierret) proposa de rechercher si la forme du circuit pouvait avoir une influence sur la destruction des germes par les fils métalliques.

Dans cette Note, nous désirons résumer les essais que nous avons effec-

(1) Raulin (1870) a signalé l'action toxique des vases d'argent sur *Aspergillus niger*; c'est H. Vincent (1895) qui a, pour la première fois, étudié systématiquement le pouvoir bactéricide très actif de l'argent métallique.

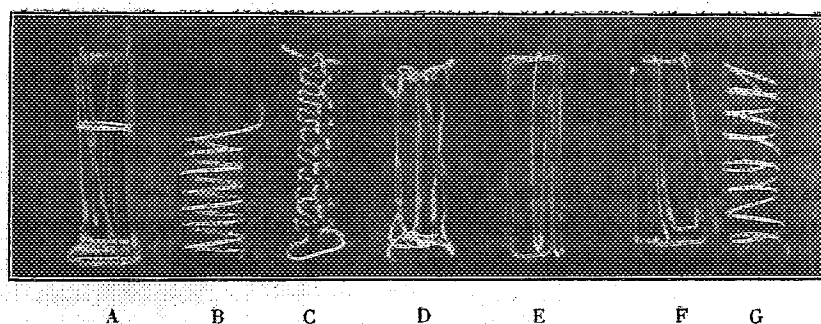
(2) Séance du 7 mars 1932.

(3) *Explication des effets thérapeutiques des circuits oscillants ouverts sur l'organisme des êtres vivants* (*Comptes rendus*, 188, 1929, p. 657).

(4) *La stérilisation de l'eau et des liquides par les circuits en métal en contact direct avec le liquide* (*Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1069).

tués d'octobre 1929 à février 1932. En raison des difficultés rencontrées, il a fallu tout d'abord rechercher une technique permettant d'obtenir dans la numération des germes une concordance satisfaisante. Les grandes lignes de cette technique seront exposées dans un prochain Mémoire.

Les essais ont porté sur des plastides de *B. coli communis*, *B. chlororaphis*, *B. prodigiosus* et *B. caryocyaneus*, mises en suspension dans divers liquides dispersifs (eau distillée, eau de rivière et solutions isotoniques). Le pH de ces liquides variait de 6,5 à 7,46. Suivant les expériences, les suspensions renfermaient de 20 millions à 10 milliards de germes au centimètre cube. L'argent a été employé sous forme de fil poli, neuf, mesurant $0^{mm},2$ ou $0^{mm},5$ de diamètre. Avec ces fils métalliques on a construit une série de dispositifs dont quelques-uns sont représentés dans la figure ci-dessous :



A B C D E F G

Nous n'avons comparé entre eux que les dispositifs réalisés avec une même longueur de fil de même diamètre. La stérilisation de l'argent a été effectuée par immersion dans l'alcool, le mélange alcool-éther et l'éther [1]. Pour les dispositifs mesurant 25^{mm} de hauteur et utilisant 200^{mm} de fil d'argent (voir la figure) le volume de suspension traitée était de $2^{cm^3},2$, le liquide arrivait à affleurer la partie supérieure du dispositif, sauf en B.

Nous avons rassemblé dans le tableau ci-dessous quelques-uns des résultats obtenus :

---

(1) Récemment distillés

Désignation des systèmes.	Nombre de germes renfermés dans 1cm³ de suspension (¹). Expérience n° 1.
A.........	50 000 000
G.........	807 840
Témoin....	10 500 000 000

Désignation des systèmes.	Nombre de germes renfermés dans 1cm³ de suspension (¹). Expérience n° 2.
B.........	3 950 000
C.........	988 500
D.........	3 915 000
E.........	500 000
F.........	513 000
G.........	919 000
Témoin....	45 108 000

Dans l'expérience n° 1, le pouvoir bactéricide de l'argent employé sous forme d'hélice à spires circulaires (dispositif G) est supérieur à celui de l'argent découpé en filaments rectilignes assemblés sur un fragment de tige de verre (dispositif A). Cette observation est conforme à l'hypothèse de Lakhovsky. Il est à noter cependant que ces différences d'action ne s'observent que pour des temps de contact assez courts, variant de 2 à 7 heures. Lorsque le contact se prolonge, l'action bactéricide des deux systèmes est à peu près la même. De plus, les différences d'action ne peuvent être nettement mises en évidence qu'en utilisant des suspensions de concentration convenable.

Dans l'expérience n° 2, le dispositif G ne jouit pas de propriétés bactéricides plus élevées que celles des dispositifs à parties rectilignes. Il y a plus, le circuit B possède un nombre de spires, une masse métallique et une surface identiques à ceux du circuit G; mais, en raison de sa faible hauteur, il n'atteint pas la partie supérieure de la colonne liquide. Or le circuit B détruit un nombre de germes beaucoup plus petit que le circuit G. D'ailleurs, lorsqu'avec une même longueur de fil on réalise des circuits de même nombre de spires et de même hauteur, on constate que l'action des systèmes considérés est fonction du diamètre du fil d'argent employé.

En résumé, l'identité des pouvoirs bactéricides des dispositions C, E, F, G prouve que la forme du circuit employé ne joue aucun rôle dans les expériences considérées. Les différences d'action entre ces dispositifs et les dispositifs A, B et D semblent tenir à une inégale répartition du métal au sein du liquide dispersif.

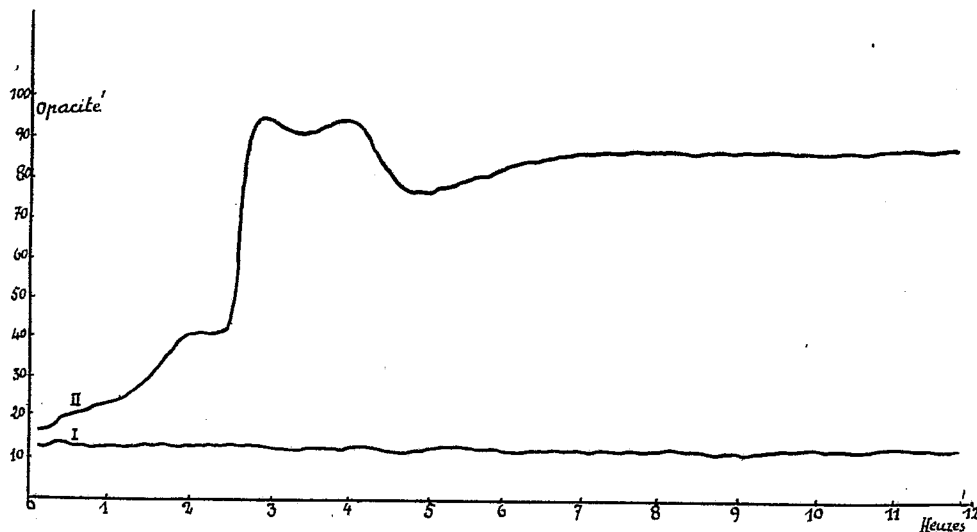
(¹) Après 6 heures de contact.

BACTÉRIOLOGIE. — *Contribution à l'étude de la multiplication microbienne* (Bacterium coli). Note de M. **Michel Faguet**, présentée par M. G. Urbain.

La multiplication microbienne a été étudiée en utilisant l'opacité progressive d'un bouillon de culture ensemencé avec un microbe quelconque (*Bacterium coli*).

Cette opacité a été déterminée au moyen d'une cellule photo-électrique montée dans une étuve réglée à 37°. Le faisceau lumineux provenant d'une source monochromatique, d'intensité constante, traverse le bouillon avant de frapper la cellule. Cette dernière enregistre les variations d'opacité et, de ce fait, celle de la multiplication des microbes.

Le spot du galvanomètre qui enregistre les variations du courant de la cellule, les inscrit sur un papier sensible fixé sur un tambour faisant une rotation complète en 12 heures.



Les deux courbes que nous donnons ici représentent, l'une presque horizontale, l'inscription pendant 12 heures de l'intensité du courant de la cellule en utilisant un bouillon aseptique, l'autre montante, l'inscription pendant le même temps de l'intensité de ce courant dans le cas où le bouillon a été ensemencé avec du *Bacterium coli*. L'étuve était réglée à 37°.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission expérimentale au Singe d'une encéphalo-myélite disséminée humaine.* Note de MM. **C. Jonesco-Mihaiesti, D. Noica** et **B. Wisner**, présentée par M. E. Roux.

Jonesco-Mihaiesti a eu l'occasion d'observer trois cas d'encéphalomyélite disséminée progressive (*Société roumaine de Biologie*, séance du 4 février 1932). Un de ces malades a succombé le 27 février dernier.

A l'autopsie, pratiquée le lendemain matin, nous n'avons pas trouvé de lésions macroscopiques appréciables dans les organes abdominaux et thoraciques.

Les méninges étaient très hyperhémiées, l'encéphale et la moelle très œdématiés. Le névraxe en entier offrait une consistance dure, sans présenter de foyers inflammatoires appréciables à l'œil nu.

Les ensemencements pratiqués avec le liquide ventriculaire sont restés stériles.

Nous avons fait les expériences suivantes :

Nous avons utilisé dans nos expériences du liquide céphalorachidien prélevé à deux reprises (le 1er et le 18 février) pendant la vie par ponction lombaire, de même que de l'émulsion de tissu nerveux recueilli aseptiquement à l'autopsie.

1° L'inoculation du liquide céphalo-rachidien prélevé pendant la vie reproduit la maladie humaine chez le singe.

Mac. Cynomolgus 190, reçoit par voie intracérébrale le culot de centrifugation de 20^{cm^3} de liquide (très pauvre en cellules) le reste étant introduit dans la cavité péritonéale. Neuf jours après, il manifeste des tremblements généralisés; paresse prononcée surtout du membre inférieur gauche; apathie; mouvements hésitants; somnolence. Hypothermie. *Meurt* le 11e jour après l'inoculation.

Ensemencements du sang du cœur et du cerveau : stériles. Pas de lésions macroscopiques visibles. Hyperhémie et œdème du névraxe.

2° La maladie décrite ci-dessus a été reproduite également par l'inoculation d'émulsion de tissu nerveux provenant du *Cynomolgus* 190.

La période d'incubation devient plus courte dans la suite par les passages de Singe à Singe (7, 5, 3 et 2 jours). Les phénomènes morbides gagnent en gravité. Quatre passages ont pu être effectués jusqu'à présent et semblent pouvoir être continués.

3° L'émulsion virulente filtrée (bougie Chamberland L_3) semble ne pas pouvoir reproduire la maladie. Deux *Cynomolgus* (*Cyn.* 178 et *Cyn.* 183) inoculés avec du filtrat n'ont rien présenté 20 jours après l'inoculation.

4° Les inoculations pratiquées avec de l'émulsion de tissu nerveux prélevé à l'autopsie du malade St., se sont montrées très actives. Un *Cynomolgus* (n° 150) inoculé le 29 février fait une encéphalo-myélite très caractéristique 48 heures après l'inoculation. La maladie est en cours d'évolution.

5° De toutes les espèces utilisées, le *Mac. Cynomolgus* seul nous a donné jusqu'à présent des résultats positifs. Les *Rhesus* et les *Hamadryas* ne semblent pas être réceptifs.

6° Tous les essais de culture que nous avons pratiqués jusqu'à présent sont restés négatifs. Quelles que soient les méthodes de coloration employées, aucun microorganisme n'a pu être mis en évidence sur coupes.

L'étude des altérations histopathologiques est en cours.

Conclusions. — Le liquide céphalo-rachidien et le tissu nerveux de certains malades atteints d'encéphalo-myélite disséminée progressive renferment un virus pathogène pour le *Mac. Cynomolgus.*

Introduit par voie intracérébrale, ce virus provoque chez ces singes une encéphalo-myélite aiguë transmissible en série à évolution généralement fatale.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *L'âge et les antifixateurs du calcium.* Note de MM. **G. Mouriquand**, **A. Leulier** et Mlle **Weill**, présentée par M. Charles Richet.

La clinique nous a démontré que certaines ostéopathies infantiles (rachitiques ou rachitiformes) résistaient aux fixateurs du Ca les plus actifs (huile de foie de morue, ultraviolets, ergostérine irradiée, etc.) comme si, dans ces cas, les os ou les humeurs possédaient des propriétés ou des substances antifixatrices du Ca.

Cette constatation nous a conduit à l'étude expérimentale de ces antifixateurs [1], elle nous a permis d'établir le rôle antifixateur de l'adrénaline,

---

[1] G. Mouriquand, A. Leulier, Bernheim et Mlle Weill, *Recherches sur les antifixateurs du calcium* (*Presse médicale*, 39, xlii, 27 mai 1931, p. 769).

du sirop iodotannique, du strontium (confirmation des expériences de Lehnerdt), du magnésium (G. Mouriquand, Leulier et Mme Roche), du calcium (G. Mouriquand, Leulier, Bernheim et Mlle Weill), substances qui possèdent à côté de ce pouvoir antifixateur un véritable pouvoir défixateur ainsi qu'il résulte de l'étude des bilans calciques (avec Mme Roche).

Nous nous sommes demandé dans quelle mesure l'âge du sujet favorisait l'action de ces antifixateurs. Nous avons surtout choisi, pour résoudre ce problème, le strontium, comme étant un des antifixateurs à action la plus constante.

Pour apprécier cette action nous avons donné simultanément à des rats jeunes (30 à 50g), à des rats préadultes (80 à 120g), à des rats adultes (au-dessus de 160g) le régime 85 + 2 pour 100 de carbonate de Str. (avec comme témoins des rats au régime 85 et au régime du chenil) (tous vivant à l'obscurité).

A. Au 30e jour de l'expérience on constatait : 1° chez les *rats jeunes au régime* 85 un rachitisme moyen (anatomo-clinique et radiographique) avec 37,28 pour 100 de cendres des os; *au régime* 85 + 2 pour 100 de *Str.*, un rachitisme intense avec 30 pour 100 de cendres des os; *au régime du chenil*, pas de rachitisme avec 43,96 pour 100 de cendres.

2° *Chez les préadultes : au régime* 85, pas de rachitisme anatomo-clinique ni radiographique, cendres 41,97 pour 100; *au régime* 85 + *Str.*, rachitisme intense, cendres 34,86 pour 100; *au régime du chenil*, pas de rachitisme, cendres 45,25 pour 100.

3° *Chez les adultes : au régime* 85, pas de rachitisme, cendres 45,53 pour 100; *au régime* 85 + *Str.*, pas de rachitisme, cendres 52,50 pour 100; *au régime du chenil*, pas de rachitisme, cendres 52,40 pour 100.

B. Au 56e jour :

1° *Chez les rats jeunes : au régime* 85, pas de rachitisme, cendres 38,11 pour 100; *au régime* 85 + Str., rachitisme intense, cendres 29 pour 100; *au régime du chenil*, pas de rachitisme, cendres 45, 65 pour 100.

2° *Chez les préadultes : au régime* 85, pas de rachitisme, cendres 46,8 pour 100; *au régime* 85 + Str., rachitisme très net, cendres 41,96 pour 100; *au régime du chenil*, pas de rachitisme, cendres 47,3 pour 100.

3° *Chez les adultes : au régime* 85, pas de rachitisme, cendres 51,7 pour 100; *au régime* 85 + Str., pas de rachitisme, cendres 49,4 pour 100; *au régime du chenil*, pas de rachitisme, cendres 52,10 pour 100.

Il résulte de ces faits que les *sujets jeunes*, sensibles à l'action rachitigène du régime 85, sont extrêmement sensibles à l'action antifixatrice du strontium qui aggrave considérablement les lésions du type rachitique.

Les sujets *préadultes* (correspondant à l'adolescence) sont insensibles ou

peu sensibles à l'action rachitigène du régime 85, mais restent très sensibles à l'action antifixatrice du strontium.

Les *sujets adultes*, insensibles à l'action du régime 85, paraissent également échapper, tout au moins dans une très large mesure, à l'action antifixatrice du strontium.

Tout se passe donc comme si les os avaient une grande sensibilité à l'action des antifixateurs (nous avons incidemment vérifié le fait pour le Mg et le Ca) chez le sujet jeune et préadulte (période de croissance) et devenaient insensibles ou peu sensibles à leur action à l'âge adulte, comme s'ils avaient acquis à ce moment (dans les conditions précisées) la maîtrise de leur calcium.

Ces faits expérimentaux sont propres à éclairer certains faits cliniques.

La séance est levée à $16^h 25^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 28 décembre 1931.)

Note de MM. *Hikvichi Shiba* et *Tokunosuké Watanabé*, Les structures des cristaux de northupite, de northupite bromée et de tychite :

Page 1423, lignes 2 et 3, *au lieu de* la symétrie propre D_3 dans le cas de T_h^4 et O^4. ou D_{3d} dans le cas de O_h^4, *lire* la symétrie propre C_{3v} dans le cas de T_h^4 et D_3 dans le cas de O^4, ou D_{3d} dans le cas de O_h^7.

(Séance du 15 février 1932.)

Note de M. *E. Calvet*, Vitesses et chaleurs de saponification des amides :

Page 612, ligne 5 en remontant, *au lieu de* $\operatorname{Log} k_{17} = 2,52204$, *lire* 2,52504, pour la dichloracétamide; ligne 4 en remontant, *au lieu de* $k_{17} = 1,110$, *lire* 1.110 et *au lieu de* $K_{17} =$ env. 10^{-3}, *lire* env. 10^{-1}, pour la trichloracétamide.

(Séance du 22 février 1932.)

Note de Mme *Irène Curie* et M. *F. Joliot*, Effet d'absorption de rayons γ de très haute fréquence par projection de noyaux légers :

Page 710, ligne 11, *au lieu de* Po + Be, *lire* Po + Bore.

Note de M. *E. Vellinger*, Le pouvoir rotatoire de quelques acides aminés en fonction de l'acidité (pH) :

Page 718, ligne 15, *au lieu de* pylocarbine, *lire* pylocarpine; ligne 22, rectifier la formule sous la forme suivante :

$$[\alpha]_t = \frac{[\alpha]_{a-}}{1 + \frac{H}{K_1} + \frac{K^2}{H} + \frac{H^2}{K_1 K'_B}} + \frac{[\alpha]_{a--}}{1 + \frac{H}{K_2} + \frac{H^2}{K_1 K_2} + \frac{H^3}{K_1 K_2 K'_B}} + \frac{[\alpha]_{c+}}{1 + \frac{K'_B}{H} + \frac{K_1 K'_B}{H^2} + \frac{K_1 K_2 K'_B}{H^3}} + \frac{[\alpha]_r}{1 + \frac{H}{K'_B} + \frac{K_1}{H} + \frac{K_1 K_2}{H^2}}.$$

Page 719, Tableau I, *au lieu de* glutominique, *lire* glutaminique.

② ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 MARS 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 29 mars au lieu du lundi 28.

SPECTROSCOPIE. — *Relations simples du spectre moléculaire avec la structure de la molécule.* Note de M. **H. Deslandres**.

Cette Note est la suite de cinq Notes précédentes présentées sous le même titre le 29 décembre 1930, les 2 mars, 8 juin, 22 juin et 28 décembre 1931 (1); elle prolonge spécialement la dernière Note, consacrée aux spectres infrarouges des molécules binaires H_2, C_2, N_2, O_2, Cl_2, ClH et BrH et à l'accord de leurs fréquences ν (en cm^{-1}) avec la formule

$$\nu = q' d_1 / r' s', \quad (3)$$

d_1 étant une constante universelle égale à 1062,5, s' le nombre des électrons extérieurs qui sont excités dans l'un des atomes, q' et r' étant des nombres entiers.

Je donnerai d'abord quelques détails sur la formation des spectres moléculaires infrarouges, suggérée par les faits et par la formule (3) : puis j'exposerai quelques applications de cette formule.

(1) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1404; **192**, 1931, p. 521, 1417 et 1606.

I. Les Notes précédentes mettent en relief la vérification de la formule pour 30 molécules distinctes; beaucoup d'autres molécules, qui donnent le même résultat, seront présentées ultérieurement. En fait, dans la molécule, tout se passe comme si le noyau d'un des atomes agissait sur un ou plusieurs anneaux d'électrons d'un autre atome pour provoquer une émission d'ondes. L'anneau le plus rapproché, qui est l'anneau le plus extérieur du second atome, est excité d'abord, et l'excitation peut s'étendre aux autres anneaux; d'où le nombre s'. Si tous les anneaux sont excités, le nombre s' est le nombre atomique, augmenté ou diminué lorsque l'atome est ionisé. La molécule avec deux atomes est un cas simple; dans le cas général, la même action se produit entre deux atomes ou deux radicaux de la molécule, le radical étant un groupe d'atomes qui a quelques-unes des propriétés de l'atome.

Le nombre entier r' de la formule correspond à une propriété spéciale de ces spectres. Si s' est le nombre des électrons excités, la fréquence d_1/s' est possible, et il se trouve que les sous-multiples de d_1/s' peuvent apparaître aussi, le nombre r' étant, il est vrai, petit. Comme exemple, on peut citer le spectre infrarouge d'absorption du gaz ammoniac NH_3, présenté dans la Note du 22 juin dernier, qui offre 9 bandes de vibration, et 3 séries de raies équidistantes dites de rotation. Les bandes sont rattachées à $d_1/5$, $d_1/7$ et $d_1/9$, soit au premier anneau et aux deux anneaux de l'atome N_2 et du radical NH_2, excités par un atome de H. Or les bandes les plus fortes sont des multiples de $d_1/9 \times 3$ et $d_1/9 \times 6$, et les séries de raies rotationnelles ont des intervalles égaux respectivement à $d_1/9 \times 3$, $d_1/9 \times 6$ et $d_1/9 \times 12$. On pourrait citer d'autres exemples, en particulier ceux pris dans le spectre entier de la molécule d'hydrogène H_2 (1).

D'autre part, dans la molécule, chaque atome a sa vibration propre, liée à ses électrons et accompagnée d'harmoniques; cette vibration peut se développer seulement si elle est en accord avec les vibrations propres des atomes voisins. En général les fréquences de la molécule sont des fréquences communes à deux ou plusieurs atomes ou groupes d'atomes, et cette dépendance a déjà été signalée et justifiée dans les Notes précédentes (2). Il est probable qu'une molécule est stable seulement lorsque les vibrations propres de ses atomes sont en accord.

(1) Les séries de raies rotationnelles y sont nombreuses, et l'on y relève des intervalles de raies qui sont : $2d_1/9$, $d_2/9$, $d_1/9 \times 2$, $d_1/9 \times 3$, $d_1/9 \times 6$ et aussi $d_1/5 \times 4$.

(2) Une idée analogue a déjà été présentée par Baly en 1915.

II. A la fin de la dernière Note (décembre 1931), j'ai préconisé la recherche suivante : « Une fréquence moléculaire étant donnée, on recherche les nombres entiers pour lesquels un multiple de d_1/n reproduit la fréquence, et l'on peut en tirer des indications utiles sur la structure intime de la molécule et sur les modifications imposées par le rayonnement ».

Au début de cette étude, mon effort a porté sur le point suivant : vérifier la formule (3) sur des molécules simples de structure bien connue. Les valeurs à donner au nombre s' sont alors bien déterminées; or, pour certaines molécules, pour les molécules CO^2 et O^2, par exemple, il arrive que la formule est encore satisfaite lorsque le nombre s' est augmenté ou diminué d'une unité, ce qui s'explique bien si les atomes sont ionisés dans la molécule. L'ionisation intramoléculaire, considérée déjà par les chimistes, trouve dans cette étude un point d'appui. J'ai été ainsi conduit à étendre la recherche, et pour chaque fréquence, de calculer tous les nombres n pour lesquels un multiple de d_1/n reproduit cette fréquence. Je présente aujourd'hui les résultats obtenus avec les molécules O^2, FH et H^2, résultats condensés dans le tableau VI ci-après, qui est à rapprocher du tableau V de la Note précédente.

Le spectre infrarouge de ces trois molécules, très simple, comprend une seule raie ou bande de vibration, accompagnée de raies équidistantes de rotation. Parmi les nombres n qui, avec un résidu faible et acceptable ([1]), satisfont à la formule, j'ai retenu seulement ceux qui sont inférieurs à 60, les plus petits de ces nombres étant évidemment les plus intéressants.

Pour la raie Raman de vibration ν 1554,7 les nombres n sont : 13, 15, 24, 26, 28, 30, 39, 41, 43, 52, 54 et 59. Or 15, 24, 28 et 54 ont été déjà examinés dans la Note précédente (voir le tableau V) et rattachés à O^+, O et O^-; 26, 39 et 52 sont des multiples de 13, et 30 est un multiple de 15,5 et 3. Il reste à examiner surtout les nombres 13, 41 et 43; or 13 est le nombre des électrons des premiers anneaux de O_2^-, et le nombre 5 correspond au premier anneau de O^+. La réunion de O_2^- et de O^+ donne l'ozone O_3, qui est ainsi révélé par le spectre et dont l'apparition était à prévoir; car la raie Raman de O_2 est excitée par la raie ultraviolette du mercure 2536 Å.,

([1]) En général, dans cette première étude, on a retenu les nombres n pour lesquels le résidu est inférieur à $d_1/10n$. C'est la limite précédemment adoptée pour la formule (3) qui, jusqu'ici, pour diverses raisons, est seulement approchée.

et l'on sait que le rayonnement ultraviolet a la propriété de transformer l'oxygène en ozone.

De plus les nombres 39 et 9 peuvent être rattachés à O_6 divisé en O_5^+ et O^- dont les deux anneaux sont excités. Les nombres 41 et 9, 43 et 7, annoncent la molécule O_8 divisée en O_7^+ et O^-, en O_7^- et O^+, avec le premier anneau seul. On sait que l'isolement de la molécule O_8 a été réalisé récemment. Cette interprétation est présentée avec réserves.

La bande d'absorption de FH conduit à un résultat analogue. La molécule FH est semblable aux molécules ClH et BrH étudiées dans la Note précédente, dont la raie unique est reliée nettement aux anneaux d'électrons de ces molécules et aux nombres 7 et 17. Par analogie, la bande de FH devrait se rattacher aux nombres 7 et 9, or elle n'est pas liée au nombre 7 et est liée faiblement au nombre 9; en fait, elle est rattachée aux nombres 8 et 10 (1). Or, ces anomalies sont aisément explicables; la bande d'absorption a été observée à la température ordinaire, et à cette température, la molécule n'est pas FH, mais son dimère $(FH)_2$, qui est accompagné de polymères plus élevés. L'étude du spectre annonce ces particularités. Les nombres n de la bande sont : 11, 15, 18, 26, 37, 41, 48, 59 et leurs multiples. On voit dans le tableau VI, que les nombres 48, 30, 11 et 18 sont reliés à $(FH)_2$, et que d'autres polymères sont possibles.

Sous l'influence du rayonnement, surtout lorsqu'il est ultraviolet, les molécules et atomes sont ionisés, ce qui favorise la formation de polymères qui d'ailleurs peuvent avoir une existence éphémère (2). Deux atomes identiques A s'unissent, comme on sait, pour former une molécule A_2 qui est stable, sauf avec les éléments du groupe de l'hélium, et il y a aussi tendance à la formation de la molécule A_3 dont les liaisons sont, il est vrai, moins fortes. Partant de ces données, j'ai cherché à expliquer la raie Raman de vibration de l'hydrogène, qui est un multiple de $d_1/12$, alors que le nombre atomique de l'hydrogène est le nombre 1. On peut admettre la formation de la molécule H_4, divisée en deux ions qui sont H_3^- avec 4 électrons et H^+; la radiation émise, conformément à la règle, est un multiple de $d_1/4 \times 3$, et si le quatrième électron de H_3^- se porte sur H_2 et oscille entre les deux

(1) La liaison avec le nombre 9 est faible, parce que le résidu du multiple de $d_1/9 \times 2$ est élevé et dépasse la limite habituelle.

(2) Il est probable que les polymères formés sont ceux dont les vibrations propres peuvent s'accorder avec les vibrations propres de la molécule.

parties, on a aussi la molécule $H_3 - H$, à laquelle on peut rapporter les raies Raman dites de rotation, les fréquences des deux premières raies étant $3d_1/3 \times 3$ et $5d_1/3 \times 3$. D'autres polymères de H_2 sont aussi possibles (voir le tableau VI).

Les séries de rotation de toutes ces molécules et leur accord avec la formule (3) seront l'objet d'une Note spéciale.

Finalement ces recherches conduisent à une nouvelle méthode d'analyse spectrale, basée sur une propriété simple de la molécule. Cette méthode, qui est encore à ses débuts, pourra être utile à la fois aux physiciens et aux chimistes.

TABLEAU VI. — *Fréquences infrarouges de molécules simples* (¹).

Molécule et mode d'excitation	Fréquence de la raie ou bande en cm^{-1}.		Multiple de $d_1/r's'$ et résidus.		Nombre s' et anneaux d'électrons. Molécules formées.	
O_2 gaz, Raman.....	1554,7	=	$19d_1/13$	+ 1,8	$13 - O_2^-$, 1er anneau	de O_3
	»	=	$22d_1/5\times3$	− 3,6	$5 - O^+$, 1er anneau	de O_3
	»	=	$57d_1/39$	+ 1,8	$39 - O_5^+$, 2 anneaux	de O_6
	»	=	$79d_1/9\times6$	+ 0,39	$9 - O^-$, 2 anneaux	de O_6
	»	=	$60d_1/41$	− 0,2	$41 - O_7^+$, 1er anneau	de O_8
	»	=	$63d_1/43$	− 2,0	$43 - O_7^-$, 1er anneau	de O_8
FH gaz, absorption.	2962,5	=	$179d_1/8\times6$	+ 0,3	8 — FH, 1er anneau	de $(FH)_2$
	»	=	$112d_1/10\times3$	− 4,1	10 — FH, 2 anneaux	de $(FH)_2$
	»	=	$41d_1/11$	+ 2,3	$11 - FH^-$, 2 anneaux	de $(FH)_2$
	»	=	$67d_1/9\times2$	+ 7,7	$9 - FH^+$, 2 anneaux	de $(FH)_2$
	»	=	$97d_1/26$	− 1,4	$26 - F_3^+$, 2 anneaux	de $(FH)_3$
	»	=	$138d_1/37$	− 0,3	$37 - F_4^-$, 2 anneaux	de $(FH)_5$
	»	=	$153d_1/41$	− 2,4	$41 - (FH_4^-)$, 2 anneaux	de $(FH)_4$
H_2 gaz, Raman.....	4162,1	=	$47d_1/4\times3$	+ 0,6	$4 - H_3^-$	de H_4
	»	=	$98d_1/5\times5$	+ 2,9	$5 - H_5$	de H_6

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les effets d'ionisation observés en présence des rayons du glucinium sous l'excitation des rayons α d'une ampoule contenant de l'émanation du radium.* Note (²) de MM. **M. DE BROGLIE, F. DUPRÉ LA TOUR, L. LEPRINCE-RINGUET** et **J. THIBAUD.**

I. *Origine des particules fortement ionisantes.* — Nous avons reconnu qu'il était possible d'utiliser les rayons du glucinium bombardé par les rayons α

(¹) Les sources sont : pour O_2 et H_2, ROSETTI, *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 367, et pour FH, CZERNY, *Zs. f. Phys.*, 45, 1927, p. 476.

(²) Séance du 14 mars 1932.

de l'émanation du radium [1]; il est facile avec un écran de plomb d'épaisseur convenable d'écarter suffisamment l'inconvénient des rayons γ des corps radioactifs en équilibre avec l'émanation.

Dans l'expérience primitive de Bothe et Becker et dans celles de Mme Irène Curie et de M. Joliot, les rayons étaient détectés par leur effet de décharge, ou d'ionisation globale, dans un gaz et l'on pouvait penser que cette conductibilité provenait entièrement d'électrons secondaires, comme ce serait le cas pour des rayons X ou γ.

Des expériences conduites avec une chambre d'ionisation reliée à un amplificateur et à un oscillographe nous ont montré que les rayons du glucinium produisent des corpuscules fortement ionisants (de quelques milliers à 30000 paires d'ions) [2]. Le nombre de ces rayons est appréciable, il atteint la moitié ou au moins le tiers de ceux que l'on obtient en disposant une lame de paraffine à l'entrée de la chambre, comme dans les expériences de M. et Mme Joliot.

On observe d'autre part que le pourcentage de corpuscules à très grande ionisation (supérieure à 7 ou 10000 paires d'ions) est plus élevé sans paraffine qu'avec le disque de paraffine. L'origine de ces corpuscules ionisants émis spontanément dans la chambre sous l'action des rayons du glucinium peut être attribuée soit à l'air enfermé dans la chambre, soit aux parois métalliques de celle-ci, soit enfin à un film d'humidité.

Pour élucider ce point nous avons modifié la nature des parois et les dimensions de la chambre.

Des chambres cylindriques, identiques en dimensions, en aluminium cuivre, zinc, platine, fermées de toutes parts, ont donné les mêmes résultats, une fois soumises au rayonnement, quant au nombre et au pouvoir d'ionisation des corpuscules produits. S'il s'agissait d'un effet de parois il serait surprenant qu'un élément lourd comme le platine donnât les mêmes effets d'ionisation que les éléments légers. Il ne paraît pas, d'autre part, que l'humidité superficielle puisse être mise en cause, l'introduction d'une feuille de papier imbibée d'eau n'augmentant pas le nombre des corpuscules dans une très grande proportion.

Nous avons également opéré avec des chambres d'un même métal, mais

---

(1) Les ampoules d'émanation nous ont été obligeamment fournies par M. le professeur Mund, de Louvain.

(2) Les nombres de paires d'ions indiqués dans cette Note sont mesurés dans des chambres d'ionisation de petite dimension (ordre du centimètre).

de dimensions différentes, dont le rapport de similitude variait de 1 à 2,5, et les résultats obtenus ont été en faveur d'un effet de volume plutôt que d'un effet de surface ; le plus grand nombre des corpuscules ionisants paraît donc dû au gaz. Chadwick a, du reste, signalé récemment que l'air donnait, comme la paraffine, des atomes de recul.

D'autre part, en interposant entre le glucinium et la chambre des écrans renfermant les constituants de l'air (7^{cm} d'oxyde de zinc ou de nitrate de potassium), nous avons mesuré une absorption de la radiation du glucinium dans ces substances, voisine de celle que nous obtenions dans la paraffine (un écran contenant $7^{g},6$ ZnO par centimètre carré absorbe 40 pour 100 de la radiation, tandis qu'un écran de paraffine de 9^{g} par centimètre carré absorbe 60 pour 100.

Nous avons aussi cherché à voir si l'effet d'émission de protons dus à l'action du rayonnement sur la paraffine pouvait avoir lieu dans des directions rétrogrades par rapport au rayonnement incident. Dans ce but, nous avons placé dans des chambres d'ionisation des couches de paraffine disposées de façon à mettre cet effet en évidence. Nous n'avons pas constaté l'émission de protons en direction rétrograde, ce qui confirme d'ailleurs les observations de M. et Mme Joliot-Curie.

II. *Coïncidences et rayons doubles.* — Dans l'étude des rayonnements cosmiques, Bothe et Kolhörster (1) ont mis en évidence l'existence de coïncidences se produisant simultanément dans deux compteurs à électrons séparés.

Nous avons cherché à voir si de semblables phénomènes étaient observables avec le rayonnement émis par le glucinium sous l'action des particules alpha. Pour cela, nous avons utilisé deux compteurs d'ionisation enregistrant les arrivées de particules fortement ionisantes dans deux chambres d'ionisation à air, les impulsions étant reçues sur deux oscillographes et donnant deux traces sur un même oscillogramme, chacune des chambres était tapissée intérieurement de paraffine pour accroître le nombre des rayons.

Une première série d'expériences a été faite en plaçant les chambres dans le prolongement l'une de l'autre par rapport au glucinium, à quelques centimètres de distance, et de façon que toute droite issue de la source et traversant la première chambre traverse aussi la seconde. Dans ces conditions, nous n'avons pas observé plus de coïncidences entre les rayons

(1) W. Bothe et W. Kolhörster, *Zeitschrift für Physik*, 56, 1929, p. 157.

enregistrés dans chacune des chambres, que le seul jeu des probabilités ne permet d'en prévoir.

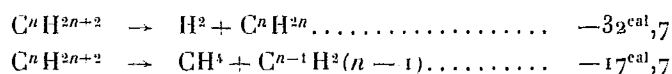
Dans une autre série d'expériences, nous avons placé la seconde chambre de façon qu'une droite issue du centre de la première chambre traverse la seconde si l'angle qu'elle fait avec la direction de la source est inférieur à 45°. Dans ces conditions, nous avons observé environ cinq fois plus de coïncidences que dans la série d'expériences précédentes et cela nous paraît devoir attirer l'attention.

Signalons aussi que nous avons observé, dans les enregistrements de ces rayonnements dans une seule chambre, un plus grand nombre de rayons doubles (c'est-à-dire simultanés au degré de précision de l'enregistreur) que les probabilités ne permettent d'en attendre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la transformation des carbures acycliques saturés en carbures éthyléniques.* Note de MM. C. **Matignon**, **Kling** et **Florentin**.

La transformation des carbures saturés en carbures éthyléniques présente un grand intérêt pratique. La production de combustibles légers par hydrogénation à partir des combustibles liquides lourds ou des combustibles solides, la distillation à basse température et l'industrie pétrolifère fournissent comme produits résiduaires des mélanges gazeux contenant les premiers termes de la série des carbures saturés. Ces gaz résiduaires doivent constituer une matière première importante pour la synthèse chimique. Transformer d'abord ces carbures de peu d'affinité en carbures éthyléniques actifs constitue certainement l'une des voies les plus rationnelles pour aboutir à la production de corps variés en raison des multiples facultés de combinaison des carbures incomplets.

Les carbures à faible exposant de carbone peuvent se dédoubler sous l'influence de la chaleur suivant les deux modes primaires suivants :



$$C^nH^{2n+2} \rightarrow H^2 + C^nH^{2n} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad -32^{\text{cal}},7$$
$$C^nH^{2n+2} \rightarrow CH^4 + C^{n-1}H^{2(n-1)} \ldots\ldots \quad -17^{\text{cal}},7$$

avec production dans les deux cas d'un carbure éthylénique.

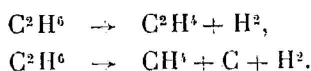
Ces derniers carbures, une fois formés, peuvent éprouver eux-mêmes de nouvelles transformations; comme ils sont généralement moins stables que les carbures saturés correspondants, il importe de les soustraire rapidement à l'action thermique qui leur a donné naissance.

L'étude de l'équilibre de ces deux systèmes montre que le second correspond à un potentiel d'évolution plus élevé que le premier, mais, à l'aide de catalyseurs appropriés, on doit pouvoir sélectionner la première réaction, quoique la seconde ait, théoriquement, une plus grande tendance à se produire.

La présence de l'hydrogène dans le premier système nous a conduits à rechercher les catalyseurs dans la classe des catalyseurs hydrogénants. Nos essais ont porté sur les carbures isolés.

Pease et Durgan ([1]), Hurd et Spence ([2]), Schneider et Frolich ([3]) ont déjà étudié la décomposition de certains carbures acycliques saturés sous la seule action de la chaleur.

Éthane. — L'éthane éprouve les deux modes de décomposition :



$$C^2H^6 \rightarrow C^2H^4 + H^2,$$
$$C^2H^6 \rightarrow CH^4 + C + H^2.$$

En opérant avec la ponce nickelée comme catalyseur on obtient à 500° et 600° les mélanges gazeux suivants après les durées de contact indiquées au tableau ci-dessous :

Températures	500°.	600°.	600°.	600°.
Temps de contact	47ˢ	10ˢ	42ˢ	6ᵐ40ˢ
C^2H^4	7,1	9,8	14,2	12,7
H^2	6,4	12,0	22,0	40,4
C^2H^6	86,5	78,2	51,0	0
CH^4	0	traces	12,8	46,9

A 600°, la formation de méthane apparaît après un temps de contact suffisant.

L'équilibre de la réaction $C^2H^6 \rightarrow C^2H^4 + H^2 - 32^{cal},6$ conduit vers 600° à une valeur voisine de $K = 12,6$ pour la constante d'équilibre.

Les mélanges gazeux obtenus à 600° avec 10 et 42 secondes de contact, donnent pour K des valeurs voisines de 65 et 17. Le dernier mélange correspond à l'équilibre, ou du moins en est très voisin.

La ponce cuivrée s'est montrée peu active, elle donne une très faible vitesse de transformation.

Dans cette réaction comme dans les suivantes, il n'y a pas formation de

---

([1]) *Ann. Chem. Soc.*, 50, 1928, p. 2715.
([2]) *Ann. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 3353.
([3]) *Ind. Eng. Chem.*, 23, 1931, p. 1405.

produits liquides ou solides; tous les produits de la décomposition sont à l'état gazeux, à l'exception des réactions qui entraînent la formation de charbon.

Propane. — Le catalyseur utilisé est le cuivre réduit sous forme de ponce cuivrée.

Température.	Temps de contact.	Carbures éthyléniques totaux pour 100.	C^2H^4 pour 100 dans les éthyléniques totaux.	H^2 pour 100.
500°	5m.30s	11	»	8,3
»	12.30	29	»	19,30
520	3.20	18,5	26	»
»	5.30	31,0	44	»
550	50	12,6	25	»
»	1.30	24,7	40	»
»	2.15	34,0	62	»
»	10	30,0	50	15
615	7	14,7	45	»
»	45	31,5	62	»

A 500°, la formation d'éthylène est insignifiante. A toute température, la proportion de propylène est prédominante pour les faibles durées de contact, mais la réaction de formation simultanée de méthane et d'éthylène devient plus importante quand se prolonge l'action du catalyseur.

La quantité de propylène obtenue n'est pas éloignée de celle qui correspond à l'équilibre.

Butane. — Le *n*-butane peut donner les principaux modes de décomposition suivants :

(1) $C^4H^{10} = C^4H^8 + H^2 - 32^{cal},7,$

(2) $C^4H^{10} = C^3H^6 + CH^4 - 17^{cal},$

(3) $C^4H^{10} = C^2H^4 + C^2H^6 - 16^{cal},4.$

Les deux dernières réactions sont comparables au point de vue de l'équilibre.

Voici les résultats que nous avons obtenus en présence de ponce cuivrée :

Températures.	Temps de contact.	Carbures éthyléniques totaux en pour 100.	Éthylène en pour 100. des éthyléniques totaux.	Hydrogène en pour 100.	Pourcentage de la réaction [1].
°	m s				
500.........	4,25	12	0	2,2	18
520.........	5	22,2	3	3,6	16
520.........	8,20	25,3	13,5	4,4	17
550.........	1,40	24,2	6	2,6	11
550.........	3,45	32,1	30	3,7	11
550.........	6	34,3	87,4	4,3	12
575.........	3,30	40,5	46,7	10,2	35 } [1]
590-600.....	1,40	25,8	34,0	8,0	31 } [1]
650.........	25	30,8	90,0	7,6	24 } [1]

On constate qu'à 500° la vitesse de la réaction (3) est très faible, sinon nulle, mais cette réaction apparaît dès 520°, elle s'accentue rapidement avec la température pour devenir prépondérante vers 600°.

Vers 500° les produits transformés suivant la réaction (1) n'atteignent cependant pas 20 pour 100 et c'est la réaction (2) qui est déjà prédominante.

Vers 600° des réactions secondaires apparaissent, il y a en particulier, décomposition de l'éthylène suivant le processus :



$$C^2H^4 \rightarrow CH^4 + C,$$

et la quantité d'hydrogène s'accroît d'une façon anormale.

Ces premiers résultats démontrent nettement la possibilité de transformer en présence de catalyseurs, les carbures saturés en carbures éthyléniques. Les réactions de déshydrogénation $C^nH^{2n+2} = H^2 + C^nH^{2n}$ qui prédominent à basse température et qui sont favorisées à toutes températures par une courte durée de contact, sont rapidement limitées par un équilibre, mais on peut recommencer plusieurs fois la même opération après élimination du carbure non saturé.

Par le triple jeu de la température, de la durée de contact et de la nature du catalyseur, on pourra faire varier la proportion des différents carbures incomplets formés dans la réaction d'ensemble.

[1] Chiffres faussés par les réactions secondaires.

ÉLECTRICITÉ. — *Inpédances cycliques d'une ligne polyphasée mise à la terre.* Note de M. **André Blondel.**

Les impédances cycliques trouvent leur application pour le calcul des courants des lignes triphasées dans le cas où l'un des conducteurs ou plusieurs viennent en contact avec la terre. Soient les trois conducteurs de phase A_1, A_2, A_3, supposés indéfinis et ayant le même rayon a, et dont les distances deux à deux sont d_{12}, d_{13}, d_{23}; soient $(x_1 y_1)$, $(x_2 y_2)$, $(x_3 y_3)$ les coordonnées des trois points d'un plan perpendiculaire traversés par les axes des trois conducteurs; soient ρ la résistance du sol, f la fréquence des trois courants $\bar{I}_1$, $\bar{I}_2$, $\bar{I}_3$ dont la somme est égale et opposée au courant de terre $\bar{I}_t$,

$$\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 + \bar{I}_t = 0. \tag{1}$$

La force électromotrice totale induite dans A_1 sous l'effet des courants partiels et du courant de terre I_t peut s'écrire en expressions complexes

$$\bar{E}_1 = \bar{Z}_{11}\bar{I}_1 + \bar{Z}_{12}\bar{I}_2 + \bar{Z}_{13}\bar{I}_3, \tag{2}$$

en appelant $\bar{Z}_{11}$ l'impédance propre de A_1; $\bar{Z}_{12}$, $\bar{Z}_{13}$ les impédances mutuelles tenant compte de courants dans le sol respectivement égaux à $\bar{I}_1$, $\bar{I}_2$, $\bar{I}_3$. Si nous faisons $\bar{I}_1 = \bar{I}_2 = \bar{I}_3 = \bar{I}^0$, nous obtiendrons l'impédance apparente totale du condensateur A_1, quand les trois conducteurs sont parcourus par des courants égaux au tiers du courant de terre $\bar{I}_0 = \bar{I}t/3$.

$$\bar{Z}_1^0 = \frac{\bar{E}_1}{\bar{I}^0} = \bar{Z}_{11} + \bar{Z}_{12} + \bar{Z}_{13}. \tag{3}$$

On a traité jusqu'ici la question empiriquement, on admettait que le sol, dans lequel on néglige l'effet pelliculaire, peut être remplacé par un conducteur fictif de même rayon a placé à une distance D (variant de 200 à 1200^m) au-dessous de la surface du sol, variable avec la résistivité ρ de celui-ci.

La somme des courants des quatre conducteurs (dont un fictif) étant nulle $[\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 + \bar{I}_4 = 0]$, les forces électromotrices induites peuvent être calculées comme on l'a montré autrefois [1] en attribuant à chaque fil

[1] A. Blondel, *Inductance des lignes aériennes* (*L'Éclairage électrique*, 1, 1894, p. 241).

isolément une induction mutuelle ou propre de la forme log $1/d$ ou log $1/a$. On peut donc écrire, pour la force électromotrice induite dans la boucle formée, par exemple, par les conducteurs A_2 et A_1,

$$(4) \qquad \overline{E}_1 = 2j\omega\left[(\overline{I}_1 - \overline{I}_t)\log\frac{D+y_1}{a} + \overline{I}_2\log\frac{D+y_2}{d_{12}} + \overline{I}_3\log\frac{D+y_3}{d_{13}}\right].$$

Substituons maintenant les expressions de $\overline{I}_t$, $\overline{I}_1$, $\overline{I}_2$, $\overline{I}_3$ en fonction des ensembles symétriques $\overline{I}^0$, $\overline{I}^d$, $\overline{I}^i$, suivant les relations connues

$$(5) \qquad \overline{I}_1 = \overline{I}^0 + \overline{I}^d + \overline{I}^i, \qquad \overline{I}_2 = \overline{I}^0 + \alpha\overline{I}^d + \alpha^2\overline{I}_i, \qquad \overline{I}_3 = \overline{I}^0 + \alpha^2\overline{I}^d + \alpha\overline{I}^i,$$

avec $\alpha = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}$; d'où

$$(6) \qquad \overline{I}_t = -3\overline{I}_0, \qquad \overline{I}_1 - \overline{I}_t = 4\overline{I}^0 + \overline{I}^d + \overline{I}^i;$$

D étant très grand (et les fils de phase étant en général permutés de loin en loin) on peut, dans ces expressions, supposer

$$y_1 = y_2 = y_3 = y \qquad \text{et} \qquad d_{12} = d_{13} = d;$$

d'autre part, $\alpha + \alpha^2 = 1/2$. L'équation s'écrira plus simplement

$$(7) \qquad \overline{E}_1 = 2j\omega\overline{I}^0\left(4\log\frac{D+y}{a} + 2\log\frac{D+y}{d}\right) + 2j\omega(\overline{I}^d + \overline{I}^i)\log\frac{d}{a},$$

ce qui met en évidence les trois réactances cycliques

$$(8) \qquad \overline{Z}^0 = 4\left(2\log\frac{D+y}{a} + \log\frac{D+y}{d}\right),$$

$$(9) \qquad \overline{Z}^1 = \overline{Z}^i = 2\log\frac{d}{a} \qquad \text{(comme pour } I_t = 0\text{)}.$$

Cette dernière équation (9) est indépendante de I^0 et de D. Elle reste donc vraie, quelles que soient les conditions du retour par la terre.

Mais l'expérience contredit les résultats de la formule (8); il faut donc faire appel à une théorie réelle, tenant compte de la concentration inégale du courant dans la terre, tout en supposant négligeables les perturbations au voisinage des prises de terre, supposées assez éloignées. On utilisera ici l'expression du champ d'un fil indéfini et du courant induit par lui dans la terre, établie par Pollaczek [1] [en remarquant que ces courants sont

[1] Cf. traductions de J.-B. Pomey, *Rev. G. Él.*, **29**, 1931, p. 151, et A. Hocquenghem, *ibid.*, **30**, 1931, p. 819.

égaux (1)]. Soient $\overline{E}_{g_1}$ le champ électrique total produit dans A_1 en y_1 par le courant $\overline{I}_2$ d'un conducteur A_2 et par les courants de la terre, et $\overline{E}_0$ le champ correspondant dans le sol à sa surface et à l'aplomb du fil A_1; $[E]_0^{y_1}$ la force électromotrice produite dans A_1 par le flux magnétique total passant entre le sol et A_1. La chute de tension totale dans le circuit du fil A_1 et du retour par la terre entre la station génératrice et un point situé à la distance l est

$$(10) \qquad \overline{U} = l\overline{E}_0 + l[\overline{E}]_0^{y_1} = l[\overline{E}_0 + (\overline{E}_{y_1} - \overline{E}_0)] = l\overline{E}_{y_1}.$$

et l'on peut considérer le rapport $lE_y/I_2 = Z_{12}$ comme mesure de l'impédance mutuelle Z_{12} entre A_1 et A_2. De l'expression donnée pour E_y, par l'auteur précité, on déduit, en séparant les parties réelles et imaginaires, et en désignant par c la constante, $c = -\log e = 0,577$, et par m la constante de propagation, $m = 2\pi\sqrt{2f/\rho}$,

$$(12) \quad \overline{Z}_{12} = j\omega M_{12} = j\omega\left[2\log\frac{2c}{m\,d_{12}} + 1 - \frac{4m}{3\sqrt{2}}(y_1 + y_2)\right] + \omega\left[\frac{\pi}{2} + \frac{4m}{3\sqrt{2}}(y_1 + y_2)\right].$$

L'impédance propre de A_1 s'en déduit en remplaçant d_{12} par α,

$$(13) \qquad \overline{Z}_{11} = j\omega L_{11} = j\omega\left[2\log\frac{2c}{ma} + 1 - \frac{4m.2y_1}{3\sqrt{2}}\right] + \omega\left[\frac{\pi}{2} + \frac{4m.2y_1}{3\sqrt{2}}\right],$$

$\overline{Z}_{13}$ est semblable à $\overline{Z}_{12}$; y_2 et d_{12} sont remplacés par y_3 et d_{13}. On en déduit par (3)

$$(14) \qquad \overline{Z}^0 = \overline{Z}_{11} + \overline{Z}_{12} + \overline{Z}_{13} = R^0 + jX^0;$$

$$(15) \qquad \left\{\begin{aligned} R^0 &= \omega\left[\frac{3\pi}{2} + 4\sqrt{2}\,m(y + y_1)\right], \\ jX^0 &= j\omega\Big[3 + 4\sqrt{2}\,m(y + y_1) + 2\log\frac{2c}{ma} \\ &\qquad + \frac{4}{3}\left(\log\frac{2c}{m\,d_{12}} + \log\frac{2c}{m\,d_{13}} + \log\frac{2c}{m\,d_{31}}\right)\Big]. \end{aligned}\right.$$

Les différences entre les y sont faibles; en outre, on fait, en général, subir aux fils des permutations circulaires, pour en égaliser les capacités

(1) En effet, si l'on considère une tranche du système, limitée par deux plans verticaux perpendiculaires au fil, il n'y a pas d'électricité libre et la divergence totale est donc nulle forcément.

par rapport au sol; on peut donc remplacer les trois coordonnées y_1, y_2, y_3 par leur moyenne y.

Si la ligne est en triangle équilatéral, $j\mathrm{X}^0$ devient simplement

$$j\mathrm{X}^0 = \omega\left[3 + 8\sqrt{2}\,my + 2\log\frac{2c}{ma} + 4\log\frac{2c}{md}\right]. \tag{15 bis}$$

Quand $\mathrm{I}^0 = 0$, $\overline{\mathrm{Z}}^0\overline{\mathrm{I}}^0 = 0$; on retombe sur la formule usuelle (9) applicable à une ligne isolée.

Si l'on introduit les ensembles symétriques de courants I^0, $\overline{\mathrm{I}}^d$ et $\overline{\mathrm{I}}^i$, par les équations connues

$$\overline{\mathrm{I}}^0 = \frac{1}{3}(\overline{\mathrm{I}}_1 + \overline{\mathrm{I}}_2 + \overline{\mathrm{I}}_3); \qquad \overline{\mathrm{I}}^d = \frac{1}{3}(\overline{\mathrm{I}}_1 + \alpha^2\overline{\mathrm{I}}_2 + \overline{\mathrm{I}}_3), \qquad \mathrm{I}^d = \frac{1}{3}(\overline{\mathrm{I}}_1 + \alpha\overline{\mathrm{I}}_2 + \alpha^2\overline{\mathrm{I}}_3), \tag{16}$$

on peut écrire, quand les impédances sont *cycliques*,

$$\mathrm{U}_1 = \mathrm{Z}^0\mathrm{I}^0 + \mathrm{Z}^d\mathrm{I}^d + \mathrm{Z}^i\mathrm{I}^i. \tag{17}$$

On peut donc mettre directement en évidence les 3 impédances $\overline{\mathrm{Z}}^0$, $\overline{\mathrm{Z}}^d$, $\overline{\mathrm{Z}}$ en remplaçant dans la formule (2) de la force électromotrice totale induite les courants de phase $\overline{\mathrm{I}}_2$, $\overline{\mathrm{I}}_3$, $\overline{\mathrm{I}}$, par leurs expressions (5) en fonction des courants symétriques d'ensemble $\overline{\mathrm{I}}^0$, $\overline{\mathrm{I}}^d$, $\overline{\mathrm{I}}^i$ et les $\overline{\mathrm{Z}}$ par leurs expressions (12) et (13); après cette substitution on retrouve, en utilisant l'équation des définitions (17), l'expression (14, 15) de $\overline{\mathrm{Z}}^0$ et les expressions (9) de $\overline{\mathrm{Z}}^d$ et $\overline{\mathrm{Z}}^i$.

Les expressions (14) et (15) conduisent aux conclusions suivantes :

1° On peut bien représenter une partie des termes de la réactance par l'effet d'un conducteur fictif de retour, auquel on attribuerait une distance $\mathrm{D} = 2c/m = 0{,}577/\pi.\sqrt{\rho/2f}$, mais cette distance est bien plus grande que dans l'hypothèse précédente, et varie avec la résistivité, par suite du skin effect.

Pour les sols usuels, ρ est compris entre 10^{12} et 10^{14} C. G. S.

Pour $f = 500$, elle est 10 fois plus faible que pour $f = 50$.

2° La résistance R_0 comprend un second terme :

$$3\omega\left(1 + \frac{4\sqrt{2}}{3}my\right) = 6\pi f\left[1 + \frac{4\sqrt{2}}{3}2\pi\sqrt{\frac{2f}{\rho}}y\right].\text{C. G. S.}$$

(ou 10^4 ohms par kilomètre),

qui varie avec $\sqrt{f}$, mais en sens inverse de ce qui a lieu pour D; et ce terme peut être du même ordre de grandeur que le précédent.

Bien entendu, il faut ajouter aux impédances de chaque phase Z_a Z_b Z_c (supposées égales et $= Z^0$) l'impédance propre du fil Z_j (qui, sauf en cas de très gros câbles, se réduit à une résistance sensiblement égale à ce qu'elle est en courant continu).

Dans l'étude des courts circuits R^0 et $\overline{Z}_j$ sont négligeables devant $\overline{Z}_i$, $\overline{Z}^p$, c'est X^0 donnée par la formule (15bis) qui doit servir, en tenant compte des alternateurs, à déterminer le courant, la chute de tension totale et le rapport E_1/L_1 qui sert à établir les relais d'impédance.

Dans la méthode des impédances de phases globales Z_p Z_m Z_n que j'ai indiquée [1] pour éviter l'intervention des ensembles symétriques, il suffit d'utiliser les impédances (12) et (13) en posant

$$\overline{Z}_p = Z_{11}, \qquad \overline{Z}_m = \overline{Z}_n = \overline{Z}_{12} = Z_{13},$$

on réduira en pratique ces expressions à leurs termes réactifs prépondérants en $j\omega$.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la similitude des vortex.* Note [2] de MM. C. Camichel, L. Escande et G. Sabathe.

Cette Note a pour objet l'exposé de certains résultats concernant la similitude des mouvements giratoires, à axe vertical aéré, appelés *vortex*.

Dans des études antérieures (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 881; *Annales de l'Énergie*, mai 1929), nous avions mis en évidence, par la chronophotographie, l'existence du potentiel des vitesses dans les mouvements giratoires, en étudiant les répartitions de vitesses dans les régions de l'écoulement correspondant à des trajectoires sensiblement circulaires. De plus, des expériences effectuées sur deux vortex semblables dans le rapport 8/3, nous avaient montré que les débits de ces deux vortex obéissaient à la loi de similitude de Reech-Froude. D'après ces résultats, la viscosité semble donc ne jouer qu'un rôle sensiblement négligeable dans les mouvements giratoires.

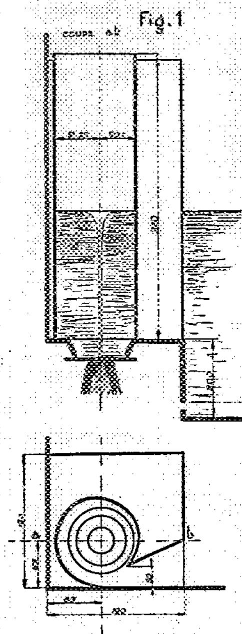
(1) Blondel, *R. G. E.*, 29, 1931, p. 3, 53, 90.

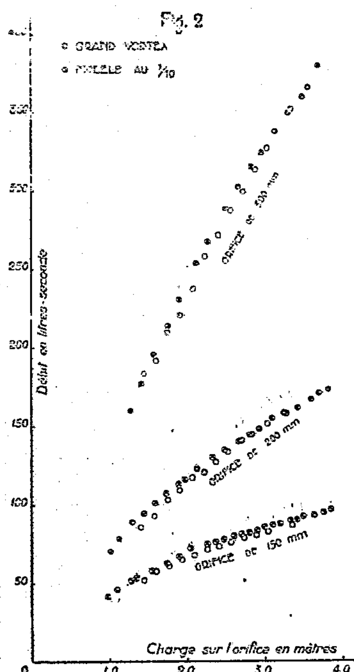
(2) Séance du 14 mars 1932.

Nous avons voulu étendre ces résultats à des modèles de grandes dimensions et à des rapports de similitude plus élevés. Dans ce but, nous avons disposé, dans un bassin de 6^{m} de hauteur et de $49^{m^2},7$ de surface, une bâche spirale cylindrique, à génératrices verticales, dont la directrice horizontale est un tronçon de spirale logarithmique, d'équation

$$\rho = 45\, e^{0,0856.\theta}.$$

Cette huche alimentait, comme l'indique la figure 1, un orifice en mince





paroi horizontale, dont le diamètre avait selon les expériences 30, 20 ou 15^{cm}. Ces dispositions ont été reproduites dans un modèle semblable à l'échelle 1/10.

L'étude des diverses circonstances de l'écoulement nous en a montré le caractère complexe; toutefois, un résultat particulièrement net correspond à la similitude des débits s'écoulant sous des charges homologues.

Nous avons en effet déterminé les débits du grand vortex correspondant aux différentes charges; cette mesure était faite en étudiant, en fonction du temps, la loi de descente du niveau de l'eau dans le bassin, du fait de l'écoulement par le vortex. Nous avons construit, en même temps que la courbe correspondant à ces mesures, celle que l'on déduit de détermina-

tions analogues faites sur le modèle au 1/10e, en multipliant les charges par 10 et les débits par $10^{5/2}$; signalons que le débit du petit vortex était déterminé par jaugeage. La figure 2 montre les résultats obtenus : bien que les différences soient pratiquement négligeables, les débits correspondant

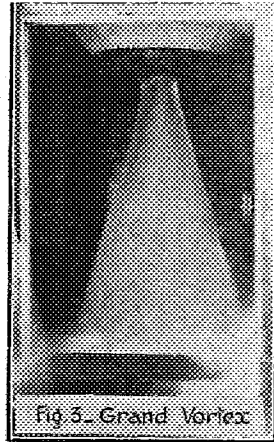


Fig. 3.

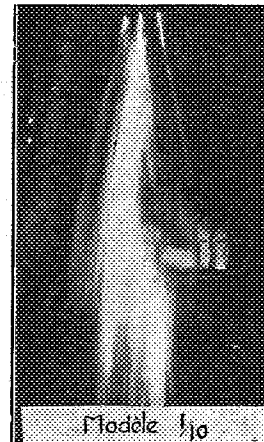
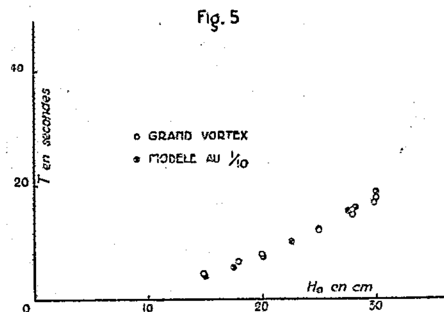


Fig. 4.

aux indications du modèle au 1/10e ont tendance à être légèrement supérieurs aux débits mesurés directement sur le grand vortex. Cette divergence, systématique bien que très faible, s'explique en observant la cheminée d'air centrale du vortex. Celle-ci, dont la section, pour un modèle donné, décroît lorsque la charge augmente, est toujours relativement moins importante dans le petit vortex que dans le grand; pour des charges élevées, elle finit



même par ne pas atteindre le plan de l'orifice dans le vortex du modèle au 1/10e, alors que, pour des charges homologues, elle existe encore, avec une section d'ailleurs très faible, dans le grand vortex.

L'étude des veines, à la sortie des orifices, conduit à des résultats

beaucoup plus complexes que celle des débits; en particulier, sous des charges homologues, les veines ne sont pas semblables, comme le montrent les figures 3 et 4, relatives à l'écoulement par l'orifice de 300^{mm}, sous une charge de $2^m,50$, dans le cas du grand vortex, et à l'écoulement homologue, dans le vortex du modèle au $1/10^e$.

Nous avons enfin étudié la durée T, nécessaire à la formation de la cheminée d'air centrale, à partir d'un état de repos correspondant à une charge initiale H_0, lorsqu'on ouvre brusquement l'orifice. Nous avons constaté en comparant le grand vortex et le vortex au $1/10^e$, dans le cas d'un orifice de 20^{cm} et de charges H_0 inférieures à 3^m pour le grand vortex, que la similitude de Reech, sans être rigoureusement vérifiée, s'applique approximativement à ce phénomène, comme le montre la figure 5.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Lutéinisation de l'ovaire et masculinisation chez le Cobaye.* Note (¹) de M. **Émile Guyénot**, Mlles **K. Ponse** et **J. Wietrzykowska**.

Nous avons observé, dans trois circonstances différentes, des phénomènes de masculinisation chez des femelles de Cobayes. Le clitoris devient long et dévaginable; des crochets péniens se développent comme chez les individus de l'autre sexe; enfin, dans certains cas, apparaît l'instinct sexuel mâle.

I. *Action d'extraits alcalins d'hypophyse.* — Lorsqu'on traite des femelles adultes ou immatures par des extraits alcalins d'hypophyse antérieure de bœuf, on détermine une lutéinisation (²) générale des ovaires. Les follicules moyens ou gros présentent une hypertrophie de la thèque interne avec fonte de la granuleuse et, souvent, disparition de l'ovocyte. Dans le stroma, de nombreuses cellules semblables forment des plages et des cordons. Finalement, les follicules se transforment tous en faux corps jaunes qui se désagrègent. Après traitement intense et prolongé, l'ovaire ne renferme pratiquement plus de follicules intacts; on n'observe que des amas de grandes cellules distribuées par groupes dans le stroma. Or, ce

(¹) Séance du 22 février 1932.

(²) A l'exemple de plusieurs auteurs, nous désignons sous ce terme le développement de cellules de type endocrine dans la thèque interne et le stroma, sans les assimiler pour autant aux vraies cellules à lutéine des corps jaunes qui dérivent de la granuleuse.

traitement entraîne un amaigrissement considérable en même temps que des phénomènes de masculinisation.

Voici un exemple. Une femelle adulte, du poids de 600^g, reçoit, en 16 jours, des doses d'extrait alcalin (hypophyses broyées avec de la soude N/10; 24 heures de contact, neutralisation et centrifugation) correspondant à 34^g de substance. Dès le douzième jour, on note un début de crochets péniens; ceux-ci mesurent 2^{mm} de long au bout de 25 jours; à ce moment, la femelle, très amaigrie, ne pèse plus que 400^g. L'ovaire prélevé peu après est complètement lutéinisé.

Des faits semblables ont été récemment publiés par Steinach et Kun (1931). Nos propres observations, faites indépendamment, confirment pleinement les résultats annoncés par ces savants. Toutefois, nous ne sommes pas aussi affirmatifs qu'eux en attribuant à la lutéinisation de l'ovaire la cause de la masculinisation. La raison en est qu'ayant appliqué le même traitement *à des femelles castrées*, celles-ci sont actuellement en voie de masculinisation.

II. *Intersexualité génétique.* — A la suite de croisements entre deux espèces de Cobayes, *C. aperea* et *C. cobaya*, A. Pictet vit apparaître, dans la descendance, un certain nombre de femelles stériles, qui avaient, en outre, des instincts mâles. A l'examen, nous reconnûmes que les organes génitaux externes étaient fortement masculinisés : clitoris saillant et crochets péniens très développés.

Le cas paraissait semblable à celui que Lipschütz (1924) a observé dans ses élevages. Nous avons autopsié six de ces femelles anormales. Les voies génitales étaient typiquement femelles; par contre, les ovaires étaient petits, jaunes, durs, souvent kystiques et accompagnés d'une tumeur de la région mésovarienne qui s'est révélée être de nature myofibromateuse. A l'examen histologique, les ovaires montrèrent des phénomènes plus ou moins nets de lutéinisation; certains ne présentent plus traces de follicules, mais seulement des plages de grandes cellules à type endocrine. Il s'agit certainement ici d'une intersexualité d'origine génétique, mais qui a peut-être pour cause immédiate une dégénérescence lutéinique des ovaires. A noter que ces ovaires stériles, sans ovocytes ni follicules, ont pu conditionner, comme nous nous en sommes assurés, des cycles œstriens réguliers; le liquide d'un kyste ovarien injecté à une femelle castrée a déterminé le rut en 48 heures.

III. *Masculinisation par gestation.* — Enfin nous avons remarqué que nombre de femelles, appartenant à diverses races du Cobaye commun, acquéraient un long clitoris et des crochets péniens au cours de la gestation. Nos observations ne sont pas encore assez nombreuses pour nous permettre

d'être très affirmatifs, mais nous avons l'impression que ce sont les grossesses réitérées et rapprochées qui engendrent cette masculinisation : cette transformation manque, en effet, chez les primipares et les multipares vivant séparées des mâles et dont les gestations ont été réalisées à des intervalles assez longs. Il serait logique de penser que la formation de corps jaunes, d'une façon presque continue, au cours de grossesses répétées, exerce une action hormonique analogue à celle que l'on peut attribuer aux dégénérescences lutéiniques signalées plus haut.

M. **J. Costantin** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire qu'il vient de publier sous le titre *L'évolution. Problèmes aquatiques et montagnards* (*Annales des Sciences naturelles. Botanique*, 10e série, 13, *Actualités biologiques*).

De la part de la *Société des amis de l'École Polytechnique*, M. **M. d'Ocagne** fait hommage à l'Académie du volume que cette société vient de faire paraître à la librairie Gauthier-Villars sous le titre *L'École Polytechnique*, volume dont il a lui-même écrit plusieurs chapitres, notamment celui sur *Les polytechniciens à l'Institut*, dont il a eu précédemment l'honneur d'offrir un tirage à part à l'Académie (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 418). Le volume aujourd'hui présenté contient un grand nombre de notices développées sur la plupart des illustrations polytechniciennes : grands chefs des armées de terre et de mer, ingénieurs, industriels, administrateurs, hommes d'État, etc., savants enfin de toute spécialité, dont bon nombre ont appartenu à l'Académie.

M. **J.-A.-L. Waddell** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Economic Proportions and Weights of Modern Highway Cantilever Bridges*.

COMMISSIONS.

M. **G. Perrier** est désigné pour remplacer, dans la Commission de l'*Institut scientifique chérifien*, M. *G. Ferrié* décédé.

ÉLECTIONS.

M. **P. Janet**, par 37 suffrages, est élu membre du Conseil supérieur du *Laboratoire national de Radioélectricité* en remplacement de M. *G. Ferrié* décédé. Il y a 2 bulletins blancs.

PLIS CACHETÉS.

MM. **Eugène Donard** et **Henri Labbé** demandent l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 31 mars 1930 et inscrit sous le nº 10285.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, renferme une Note relative à un *Corps analogue à l'insuline*.

(Renvoi à la Section de Chimie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Royal Institution of Great Britain. *Report on the* Faraday *Celebrations*, 1931.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Déduction des équations de Maxwell à l'aide du tenseur ondulatoire d'Eddington.* Note [1] de M. **Jean J. Placinteanu**.

M. A. Eddington [2] a développé la théorie de Dirac du point de vue formel en introduisant son tenseur ondulatoire J, à l'aide des matrices du 4ᵉ ordre E_μ qui ont les propriétés suivantes :

$$E_\mu^2 = 1; \qquad E_{\alpha\beta} = E_\alpha E_\beta = -E_{\beta\alpha}; \qquad E_5 = iE_1E_2E_3E_4; \qquad E_{16} = i = \sqrt{-1}$$
$$(\mu = 1, 2, 3, 4, 5, 12, 13, 14, 15, 23, 24, 25, 34, 35, 45, 16).$$

---

(1) Séance du 8 février 1932.

(2) A. Eddington, *Proc. of Soc. of London*, A, 121, 1928, p. 524; 122, 1929, p. 358; 126, 1930, p. 696; 133, 1931, p. 211.

Si $\gamma = \psi^* \psi = \Sigma_\mu j_\mu E_\mu$, on trouve

$$(1) \qquad \begin{cases} j_\mu = -\psi^* E_\mu \psi & (\text{pour } \mu = 15, 25, 35, 45) \\ \text{et} & \\ j_\mu = -\psi^* E_{\mu 5} \psi & (\text{pour } \mu = \text{le reste}), \end{cases}$$

où les ψ, ψ^* sont les fonctions introduites par Dirac. Dans ce cas Eddington déduit comme *identité* l'équation de Dirac,

$$(2) \qquad \begin{cases} H\psi \equiv \{E_{15} p_1 + E_{25} p_2 + E_{35} p_3 + E_{45} p_4 - \beta\} \psi = 0, \\ \psi^* H \equiv \psi^* \{E_{15} p_1 + E_{25} p_2 + E_{35} p_3 + E_{45} p_4 - \beta\} = 0. \end{cases}$$

où

$$p_\mu = i j_{\mu 5} \qquad (\mu = 1, 2, 3, 4) \qquad \text{et} \qquad \beta = i j_5 = mc.$$

Dans cette Note je veux déduire les équations de Maxwell avec les grandeurs introduites plus haut par Eddington. Ces équations conduisent aux expressions pour les vecteurs champ électrique et magnétique ainsi que pour les courants de convection électrique et magnétique [celui-ci doit disparaître dans l'hypothèse de la valabilité des équations (2)]. L'équation de continuité sera remplie. Même le spin a une interprétation simple.

1. Les relations de commutabilité sont

$$(3) \qquad \frac{h}{2\pi i} \frac{\partial \psi}{\partial t} = \psi H - H\psi \qquad \text{et} \qquad \frac{h}{2\pi i} \frac{\partial \psi}{\partial j_\mu} = \psi p_\mu - p_\mu \psi = i(\psi j_{\mu 5} - j_{\mu 5} \psi);$$

de (1) et (3) on obtient la relation fondamentale

$$(4) \qquad \frac{\partial}{\partial t} j_\alpha = -i \sum_\mu \frac{\partial}{\partial j_\mu} (\psi^* E_{\alpha 5} E_{\mu 5} \psi).$$

Faisons maintenant dans cette formule (4) $\alpha = 1, 2, 3$ en tenant compte que $j_4 = ict$ et que $\partial / j\partial_\alpha (\psi^* \psi) = 0$. Il vient

$$(5) \qquad \begin{cases} \dfrac{1}{c} \dfrac{\partial}{\partial t} \mathcal{E}_\alpha + \dfrac{4\pi}{c} u_\alpha = \dfrac{\partial \mathcal{H}_\beta}{\partial j_\gamma} - \dfrac{\partial \mathcal{H}_\gamma}{\partial j_\beta}, \\ \dfrac{1}{c} \dfrac{\partial}{\partial t} \mathcal{H}_\alpha + \dfrac{4\pi}{c} u'_\alpha = \dfrac{\partial \mathcal{E}_\gamma}{\partial j_\beta} - \dfrac{\partial \mathcal{E}_\beta}{\partial j_\gamma}, \end{cases}$$

où l'on a posé

$$(6) \qquad \mathcal{E}_\alpha = k \psi^* E_{\alpha 4} \psi \qquad \text{et} \qquad \mathcal{H}_\alpha = k \psi^* E_{\alpha 45} \psi,$$

k étant une constante, $\alpha, \beta, \gamma = 1, 2, 3$, et

$$(7) \qquad u_\alpha = -k \frac{mc^2}{h} \psi^* E_\alpha \psi; \qquad u'_\alpha = -k \frac{c}{h} (\psi^* i \psi)(\psi^* E_\alpha \psi).$$

Les équations (5) sont les équations de Maxwell avec courant de convection donné par (7). Mais dans (7) la valeur de u'_α est nulle si l'on veut avoir la forme (2) pour les équations de Dirac. En vérité, comme l'a montré M. Eddington, dans ce cas l'on doit poser l'invariant $j_{16} = 0 = \psi^* i \psi$. La valeur de u_α est en accord avec celle déduite par la théorie de Schrödinger pour la densité de courant électrique.

2. Si l'on fait maintenant $\alpha = 4$ dans la relation (4), l'on trouve

$$\sum_{\mu=1}^{4} \frac{\partial \mathcal{E}_\mu}{\partial j_\mu} = 4\pi\rho$$

où

$$\rho = k \frac{mci}{h} \psi^* E_4 \psi. \tag{8}$$

qui n'est autre chose que l'équation de divergence, où ρ est la densité électrique, valeur généralement adoptée. En ce qui concerne la densité magnétique, elle se trouve être égale à

$$\sigma = \frac{mi}{h} (\psi^* i \psi)\,(\psi^* E_4 \psi)$$

qui alors, comme u'_α, sera nulle. La deuxième équation de divergence sera donc

$$\sum_{\mu=1}^{4} \frac{\partial \mathcal{H}_\mu}{\partial j_\mu} = 0$$

pour le vecteur magnétique.

L'équation de continuité sera, d'après (2), (7) et (8),

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \sum_{\mu=1}^{3} \frac{\partial u_\mu}{\partial j_\mu} = 0 \qquad \text{ou encore} \qquad \sum_{\mu=1}^{4} \frac{\partial u_\mu}{\partial j_\mu} = 0.$$

3. Entre nos vecteurs $\mathcal{E}$ et $\mathcal{H}$ (6) et le « spin » doivent exister des relations que nous allons établir tout de suite. En vérité, le spin est représenté par les $E_{\alpha\beta}$ de la manière suivante :

$$s_{\alpha\beta} = \frac{h}{2\pi i} E_{\alpha\beta}$$

pour les composantes spatiales, et

$$s_{\alpha 4} = \frac{h}{2\pi i} E_{\alpha 4}$$

pour les composantes spatio-temporelles.

Par regard à (6), on a donc

$$\frac{4\pi i}{h}\psi^* s_{3\iota}\psi = \mathcal{E}_\alpha \qquad \text{et} \qquad \frac{4\pi i}{h}\psi^* s_{\alpha\gamma}\psi = \mathcal{H}_\alpha$$

en accord avec F. v. Wisniewski (1), qui a employé directement l'équation de Dirac dans sa forme classique.

De ces considérations résulte que la disparition du courant et de la densité magnétique est une conséquence de la condition que l'équation générale de Eddington (*loc. cit.*, p. 317)

$$(E_1 j_1 + E_2 j_2 + E_3 j_3 + E_4 j_4 + E_5 j_5 - E_{16} j_{16})\psi = 0$$

et sa conjuguée doivent prendre la forme (2). On doit donc avoir, en général, un courant et une densité magnétique à côté du courant et de la densité électrique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'oscillation des moyennes de Hölder et de Cesàro.* Note (2) de M. C. E. **Winn**, présentée par M. J. Hadamard.

A propos d'un résultat de Landau (3) M. Fekete m'a posé la question suivante sur l'oscillation de $s_n^{(1)}$ et de $s_n^{(2)}$, les deux premières moyennes de Cesàro de la suite s_n : Si l'on donne $\overline{\lim\limits_{n\to\infty}}\, s_n$ et $\overline{\lim\limits_{n\to\infty}}\, s_n^{(2)}$, quel est le maximum de $\overline{\lim\limits_{n\to\infty}}\, s_n^{(1)}$ et le minimum de $\underline{\lim\limits_{n\to\infty}}\, s_n^{(1)}$? D'abord je traite le cas des moyennes de Hölder, soit s'_n et s''_n, et je trouve une inégalité fondamentale (4) qui fournit le maximum de $\overline{\lim}\, s'_n$ en fonction de $\overline{\lim}\, s_n$ et $\overline{\lim}\, s''_n$. La réponse à la question précédente, interprétée pour les moyennes de Hölder, repose sur une autre inégalité fondamentale ne contenant plus $\underline{\lim}\, s_n$ (provenant du cas $\underline{\lim}\, s_n = -\infty$). Je donne l'égalité analogue pour les moyennes de

(1) *Ztschr. f. Phys.*, 66, 1930, p. 697.

(2) Séance du 29 février 1932.

(3) *Ueber die Bedeutung einiger neuen Grenzwertsätze der Herren Hardy und Axer* (*Prace matematyczno-Fizycznych*, 21, 1910, p. 106).

(4) J'applique le terme fondamental à une inégalité pour laquelle existe un exemple donnant l'égalité, sans que les deux membres s'évanouissent à la fois.

Cesàro d'ordre r, $r+1$ et $r+2 (r>-1)$, soit $s_n^{(r)}$, $s_n^{(r+1)}$ et $s_n^{(r+2)}$. Il convient de noter, comme cas spécial, que $\overline{\lim}\, s_n^{(r)} = \overline{\lim}\, s_n^{(r+1)}$ entraîne $\overline{\lim}\, s_n^{(r+1)} = \overline{\lim}\, s_n^{(r+2)}$ (¹) et ainsi pour les moyennes de Hölder. Par applications répétées de ce résultat et, par le fait que $\overline{\lim}\, s_n^{(r)}$ est une fonction décroissante de r, on parvient aisément à la propriété suivante : *L'égalité* $\overline{\lim}\, s_n^{(r)} = \overline{\lim}\, s_n^{(r+k)}$ $(r>-1,\ k\geqq 1)$ *entraîne* $\overline{\lim}\, s_n^{(r)} = \overline{\lim}\, s_n^{(r+l)}$ $(l>k)$ (²).

Si $\overline{\lim}\, s_n = \mathrm{B}/\mathrm{A}$, $\overline{\lim}\, s'_n = b/a$ *et* $\overline{\lim}\, s''_n = \beta/\alpha$ $(\mathrm{B}>\alpha,\ \beta>\mathrm{A})$ *alors on a* $t_1 \leqq a \leqq b \leqq t_2$, *où* t_1 *et* t_2 *sont les racines de l'équation*

$$f(t) = (\mathrm{B}-t)\log\frac{\mathrm{B}-t}{\mathrm{B}-\alpha} + (t-\mathrm{A})\log\frac{t-\mathrm{A}}{\beta-\mathrm{A}}. \tag{1}$$

Interprétons cette équation pour les cas limites. Si $\mathrm{B}=b$, nous en déduisons $\mathrm{B}=\beta$, car $b\leqq t_2 \leqq \mathrm{B}$ donne $t_2=\mathrm{B}$, tandis que $f(\mathrm{B})$ ne s'annule que si $\mathrm{B}=\beta$ (ainsi $\mathrm{A}=a$ implique $\mathrm{A}=\alpha$). On trouve aussi $f'(t_0)=0$ pour $t_0=(\mathrm{B}\beta-\mathrm{A}\alpha)(\mathrm{B}-\mathrm{A}+\beta-\alpha)$ et $f'(t)\gtrless 0$ pour $t\gtrless t_0$. En même temps $f(t_0)\leqq 0$, et par conséquent $t_1\leqq t_0 \leqq t_2$, les égalités n'ayant lieu que pour $\beta=\alpha$, ce qui entraîne alors $b=a=\beta$.

Le cas $\mathrm{A}=-\infty$ nous amène à l'équation

$$f_1(t) = (\mathrm{B}-t)\log\frac{\mathrm{B}-t}{\mathrm{B}-\alpha} + t - \beta = 0,$$

dont les deux racines sont extérieures à celles de $f(t)=0$, vu que

$$f_1(t) \leqq f(t).$$

$\mathrm{B}>b$. — Étant donné $\varepsilon>0$, fixons $n>1/\varepsilon$ et $p+1>(n+1)(\mathrm{B}-\alpha)/(\mathrm{B}-b)$, de sorte que, pour $\nu\leqq n$,

$$\mathrm{A}-\varepsilon < s_\nu < \mathrm{B}+\varepsilon, \quad a-\varepsilon < s'_\nu < b+\varepsilon, \quad \alpha-\varepsilon < s''_\nu < \beta+\varepsilon, \quad s'_p > b-\varepsilon. \tag{2}$$

Pour $\nu\leqq p$ et pour $\nu\geqq p$, on a respectivement

$$(\nu+1)s'_\nu = (p+1)s'_p - \sum_{i=\nu+1}^{p} s_i > (\nu+1)(\mathrm{B}+\varepsilon) - (p+1)(\mathrm{B}-b+2\varepsilon)$$

et

$$(\nu+1)s'_\nu = (p+1)s'_p + \sum_{i=p+1}^{\nu} s_i > (\nu+1)(\mathrm{A}-\varepsilon) + (p+1)(b-\mathrm{A}).$$

(¹) On dérive l'analogue pour les limites inférieures en considérant s_n.

(²) Il reste à voir s'il est vrai pour $0<k<1$.

Soit $q \geqq p \geqq m \geqq n$, et alors $1/q \leqq 1/p \leqq 1/m \leqq 1/n < \varepsilon$. Nous obtenons

$$(q+1)(\beta+\varepsilon) > (q+1)s''_q = (m+1)s''_m + \sum_{\nu=m+1}^{p} s'_\nu + \sum_{\nu=p+1}^{q} s'_\nu \quad (^1)$$

$$> (m+1)(\alpha-\varepsilon) + (p-m)(B+\varepsilon) + (q-p)(A-\varepsilon)$$

$$-(p+1)\left\{(B-b+2\varepsilon)\left(\log\frac{p+1}{m+2}+\frac{1}{m}\right) - (b-A)\left(\log\frac{q+2}{p+1}-\frac{1}{p}\right)\right\}$$

$$> -(m+1)(B-\alpha) + (p+1)(B-A) + (q+1)(A-\varepsilon) + (q-p)(A-\varepsilon)$$

$$-(p+1)\left\{(B-b+2\varepsilon)\left(\log\frac{p+1}{m+2}+\varepsilon\right) - (b-A)\left(\log\frac{q+2}{p+1}-\varepsilon\right)\right\}.$$

Nous pouvons prendre

$$m+1 \leqq \frac{B-b}{B-\alpha}(p+1) < m+2 \qquad \text{et} \qquad q+1 \leqq \left(\frac{B-\alpha}{B-b}\right)^{\frac{B-b}{b-A}}(p+1) < q+2.$$

Alors

$$\left(\frac{B-\alpha}{B-b}\right)^{\frac{B-b}{b-A}}(\beta-A+2\varepsilon)$$
$$> b-A-(B-b+2\varepsilon)\left(\log\frac{B-\alpha}{B-b}+\varepsilon\right) + (b-A)\left(\frac{B-b}{b-A}\log\frac{B-\alpha}{B-b}-\varepsilon\right)$$

et, lorsque $\varepsilon \to 0$, par transformation logarithmique

$$(3) \qquad (B-b)\log\frac{B-\alpha}{B-b} \geqq (b-A)\log\frac{b-A}{\beta-A}.$$

De ceci et de son analogue découle l'énoncé.

$B=b$. — Fixons n comme avant et $p+1 > (n+1)e^{1/\varepsilon}$ et prenons

$$m+1 \leqq (p+1)\varepsilon < m+2 \qquad \text{et} \qquad q=p.$$

Alors $m+2 > (n+1)\varepsilon e^{1/\varepsilon} \geqq (n+1)e$ ou $m>n$. On obtient donc

$$\beta+\varepsilon > \varepsilon(B-\alpha) + B - \varepsilon - 2\varepsilon\left(\log\frac{1}{\varepsilon}+\varepsilon\right),$$

et, quand $\varepsilon \to 0$: $\beta \geqq B$, c'est-à-dire $B=\beta$.

J'apporte ici un exemple dans lequel on n'a pas $b=\alpha$. Soit $\{n_i\}$ la suite des entiers pour laquelle

$$n_{2i+1} \leqq \frac{B-a}{B-b}n_{2i} < n_{2i+1}+1 \qquad \text{et} \qquad n_{2i+2} \leqq \frac{b-A}{a-A}n_{2i+1} < n_{2i+2}+1$$

(1) Les sommes sont nulles pour $m=p$ ou $p=q$.

si $a > A$ [1]. Cela posé, nous considérons une suite $\{s_\nu\}$ pour laquelle

$$s'_\nu = B - (B - b)\frac{n_{2i}+1}{\nu+1} \quad \text{pour} \quad n_{2i} \leqq \nu < n_{2i+1}$$

et

$$s'_\nu = A + (a - A)\frac{n_{2i+1}+1}{\nu+1} \quad \text{pour} \quad n_{2i+1} \leqq \nu < n_{2i+2}.$$

On a

$$\overline{\lim}\, s_\nu = \frac{b}{a} \qquad \text{et} \qquad s_\nu = (\nu+1)s'_\nu - \nu s'_{\nu-1} = \text{B ou A},$$

suivant que $n_{2i} \leqq \nu < n_{2i+1}$ ou $n_{2i+1} \leqq \nu < n_{2i+2}$. Le lecteur peut en déduire l'égalité des deux membres de (3), en vérifiant que les différences entre les membres des inégalités ci-dessus deviennent arbitrairement petites dans l'exemple présent.

Pour les moyennes de Cesàro $s_n^{(r)}$, $sS_n^{(r+1)}$ et $sS_n^{(r+2)}$ $(r > -1)$ je trouve au lieu de (1) l'équation suivante :

$$(B - t)^{\frac{r+2}{r+1}}(B - \alpha)^{-\frac{1}{r+1}} + (t - A)^{\frac{r+2}{r+1}}(\beta - A)^{-\frac{1}{r+1}} = B - A \quad [2].$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques points de la théorie des ensembles.* Note de M. **Georges Bouligand**, présentée par M. Élie Cartan.

I. Avant d'aborder l'objet principal de cette Note, j'observe que la condition relative à un arc simple de Jordan, obtenue par M. Georges Durand [3], fournit un caractère distinctif des intégrales d'un système différentiel, d'après un principe que j'avais signalé dans une Note antérieure [4]. On démontre d'abord que les transformations ponctuelles biunivoques douées partout d'une transformation linéaire tangente continue et non dégénérescente, à laquelle s'attache un jacobien continu et non nul, forment un groupe (γ), contenant les transformations inverses des précédentes et donnant lieu à un théorème de covariance du contingent d'un ensemble. Et l'on parvient à cette conclusion : étant donné le système

---

(1) Si $a = A$, on met $n_{2i+2} = 2^{2^i} n_{2i+1}$. Avec $A = -\infty$ on a $n_{2i+2} = n_{2i+1}$.

(2) J'ai fourni aussi un exemple pour lequel $t_1 = a$ et $t_2 = b$ à la fois.

(3) Georges Durand, *Sur l'application de la notion de contingent à la recherche des caractères de planéité pour un arc simple* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 944).

(4) Georges Bouligand, *Applications de la notion de contingent* (*Comptes rendus*, 191, 1930, p. 823).

différentiel

$$\frac{dy}{dx}=f(x, y, z), \qquad \frac{dx}{dz}=g(x, y, z),$$

tout arc de Jordan sans point multiple dont le contingent postérieur englobe, en chaque point, la demi-droite portant le vecteur (1, f, g) est un arc d'intégrale. La méthode des transformations rend ainsi immédiat un cas très étendu d'un résultat de M. A. Marchaud [1].

II. Soient une classe (μ) d'éléments M et une classe (ϖ) d'éléments P, pour lesquelles est donnée une définition du voisinage et des éléments d'accumulation. Soit E un ensemble d'éléments M : supposons qu'à chaque M, sur E, soit associée une collection τ_M formée d'éléments P. Nous dirons que sur E, la correspondance [M, τ_M] est *semi-continue supérieurement par inclusion*, si elle attache à chaque M de E un τ_M contenant les éléments d'accumulation des éléments de $\tau_{M'}$ pour M′ infiniment voisin de M sur E. Si, sur un sous-ensemble de E, il n'y a qu'un seul élément P dans τ_M, cet élément est réparti continûment sur ce sous-ensemble. En outre, si l'on associe à τ_M une valeur numérique d'autant plus grande, en chaque M, que τ_M y est plus riche en éléments P, cette fonction numérique possède la semi-continuité supérieure, au sens classique.

Exemples. — Les éléments M sont des points de l'espace euclidien et les éléments P des droites passant par M. La semi-continuité d'inclusion est réalisée si τ_M désigne :

a. Le paratingent ordinaire ou d'un rang quelconque d'un ensemble ponctuel où on localise le point M.

b. Le système des projetantes de M sur un ensemble ponctuel *fermé* : en appliquant à ce cas les remarques générales qui précèdent, on coordonne divers résultats de M. Georges Durand, notamment les propriétés des correspondances qu'il étudie dans sa Thèse (n°s 15 à 29) [2], et sa loi de semi-continuité inférieure de l'angle solide du cône convexe donnant le contingent en un point (α) d'une surface $\mathcal{C}.\mathcal{M}.$ [3].

---

[1] André Marchaud, *Sur les demi-sécantes limites et sur les semi-tangentes* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 948).

[2] Georges Durand, *Sur une généralisation des surfaces convexes* (*Journ. de Math.*, 10, 1931, p. 335-456).

[3] *Loc. cit.*, p. 372.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Sur les densités de valeurs moyennes dans la théorie de Dirac.* Note de M. **Louis de Broglie**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Avec les quatre opérateurs matriciels α_1, α_2, α_3, α_4 qui figurent dans l'équation de Dirac écrite sous la forme $\left(p_4 + \sum_i^{3} \alpha_i p_i + \alpha_4 m_0 c\right)\Psi = 0$ et avec l'opérateur unité on peut former seize expressions réelles, quadratiques par rapport aux Ψ_k, que nous pouvons écrire et classer comme suit :

$$\Omega_1 = \sum_k^{4} \Psi_k^* \alpha_4(\Psi_k); \tag{1}$$

$$\left\{\begin{array}{ll} i_x = -ec\sum_k^{4} \Psi_k^* \alpha_1(\Psi_k), & i_y = -ec\sum_k^{4} \Psi_k^* \alpha_2(\Psi_k), \\ i_z = -ec\sum_k^{4} \Psi_k^* \alpha_3(\Psi_k), & i_t = ec\sum_k^{4} \Psi_k^* .1. \Psi_k; \end{array}\right. \tag{2}$$

$$\left\{\begin{array}{l} \mu_{yz} = \dfrac{eh}{4\pi m_0 c} i \sum_k^{4} \Psi_k^* . \alpha_2\alpha_3\alpha_4(\Psi_k), \\ \mu_{zx} = \dfrac{eh}{4\pi m_0 c} i \sum_k^{4} \Psi_k^* . \alpha_3\alpha_1\alpha_4(\Psi_k), \\ \mu_{xy} = \dfrac{eh}{4\pi m_0 c} i \sum_k^{4} \Psi_k^* . \alpha_1\alpha_2\alpha_4(\Psi_k), \\ \mu_{xt} = \dfrac{eh}{4\pi m_0 c} i \sum_k^{4} \Psi_k^* . \alpha_1\alpha_4(\Psi_k), \\ \mu_{yt} = \dfrac{eh}{4\pi m_0 c} i \sum_k^{4} \Psi_k^* . \alpha_2\alpha_4(\Psi_k), \\ \mu_{zt} = \dfrac{eh}{4\pi m_0 c} i \sum_k^{4} \Psi_k^* . \alpha_2\alpha_4(\Psi_k). \end{array}\right. \tag{3}$$

$$\left\{\begin{array}{ll} k_{yzt} = \dfrac{h}{4\pi i}\sum_k^{4} \Psi_k^* \alpha_2\alpha_3(\Psi_k), & k_{zxt} = \dfrac{h}{4\pi i}\sum_k^{4} \Psi_k^* \alpha_3\alpha_1(\Psi_k), \\ k_{xyt} = \dfrac{h}{4\pi i}\sum_k^{4} \Psi_k^* \alpha_1\alpha_2(\Psi_k), & k_{xyz} = \dfrac{h}{4\pi i}\sum_k^{4} \Psi_k^* \alpha_1\alpha_2\alpha_3(\Psi_k); \end{array}\right. \tag{4}$$

et

$$\Omega_2 = \sum_{1}^{4} {}_k \Psi_k^* \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 (\Psi_k). \tag{5}$$

Au point de vue de la nouvelle Mécanique, ces quantités sont des *densités de valeurs moyennes;* autrement dit, pour obtenir les valeurs moyennes, il faut intégrer ces expressions dans tout l'espace.

La grandeur (1) définit une densité invariante. Nous ignorons à quelle entité physique elle correspond : ce ne peut pas être la charge électrique.

Les quantités (2) définissent un quadrivecteur : elles représentent les densités des composantes du courant électrique d'Univers. Si l'on intègre dans l'espace la quatrième composante, on obtient un invariant qui est la charge électrique.

Les six quantités (3) sont les composantes d'un tenseur antisymétrique du second rang. μ_{yz}, μ_{zx} et μ_{xy} sont les densités du moment magnétique tandis que μ_{xt}, μ_{yt} et μ_{zt} sont celles du moment électrique comme il est bien connu.

Les quatre grandeurs (4) sont les quatre composantes distinctes d'un tenseur complètement antisymétrique du troisième rang. Les trois premières sont les densités des composantes du moment de rotation propre (spin). On pourrait considérer k_{xyz} comme une densité de magnétisme (à un facteur constant près) comme le propose M. Proca [1], mais je crois qu'il faudrait plutôt rattacher aussi cette grandeur au spin.

La quantité (5) est la seule composante distincte d'un tenseur complètement antisymétrique du quatrième rang. Son interprétation reste douteuse.

Les trois premières quantités (3) diffèrent par la présence de l'opérateur α_4 des trois premières quantités (4). Ceci se rattache au fait suivant : tout se passe comme si le rapport moment magnétique/moment de rotation était égal à $-e/m_0c$ pour les ondes Ψ_1 et Ψ_2 tandis qu'il est égal à e/m_0c pour Ψ_3 et Ψ_4. C'est là un des aspects de l'existence des états d'énergie négative dans la théorie de Dirac.

---

[1] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 836.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le phénomène de l'entraînement en radiotechnique*. Note (¹) de MM. **Nicolas Kryloff** et **Nicolas Bogoliuboff**, présentée par M. J. Hadamard.

En reprenant les notations de notre précédente Communication (²) et revenant à notre équation (4)

$$(1) \qquad \int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} f\left(\overset{*}{\omega} B\cos x + \frac{\alpha E}{\overset{*2}{\omega} - \alpha^2}\cos y\right)\cos x\, dx\, dy = 0,$$

prenons à titre d'exemple, pour $f(V)$, la fonction

$$(2) \qquad f(V) = \overset{*}{\omega}\left[V + \frac{1}{2}AV^2 - \frac{\gamma^2 V^3}{3}\right],$$

introduite par M. Van der Pol dans ses ingénieuses recherches. Alors de (1) on déduit l'existence de deux solutions, dont l'une est $B = 0$ et l'autre correspond au cas de l'existence de la solution quasi périodique, qui a lieu seulement quand la condition

$$\left(\frac{E\alpha\gamma}{\overset{*2}{\omega} - \alpha^2}\right)^2 < 2$$

est remplie. Si au contraire [cette inégalité se trouve aussi chez M. Andronow (*Journal de Physique appliquée*, 7, IV), qui l'a obtenue par l'application de la méthode de H. Poincaré] on a

$$\left(\frac{E\alpha\gamma}{\overset{*2}{\omega} - \alpha^2}\right)^2 \geqq 2,$$

alors existe seulement la solution purement périodique avec la fréquence de la force extérieure, de sorte qu'on se trouve en présence du phénomène de l'établissement de la zone silencieuse (phénomène « de l'entraînement »). La valeur critique à partir de laquelle se produit cet entraînement se détermine par l'égalité

$$\left(\frac{E\alpha\gamma}{\overset{*2}{\omega} - \alpha^2}\right)^2 = 2,$$

(¹) Séance du 22 février 1932.

(²) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 957.

dans le cas de la fonction (2) et par l'équation suivante :

$$\int_0^{2\pi} f'\left(\frac{E\alpha}{\overset{*}{\omega}^2-\alpha^2}\cos y\right)dy=0, \tag{3}$$

dans le cas général. De (3), il s'ensuit, entre autres, l'absence de la frontière de l'entraînement, fait confirmé par les expériences les plus récentes et consistant en ceci : quelque petite que soit la force extérieure, on peut prendre α et $\overset{*}{\omega}$ assez voisines des conditions de la résonance pour que l'entraînement ait lieu ([1]). Le fait de l'absence de l'entraînement découle aussi comme conséquence de l'étude du phénomène de la résonance principale.

Cette étude, poursuivie par l'application de nos méthodes après une analyse assez délicate, nous a conduit aux conclusions suivantes :

1° La valeur critique de l'entraînement se détermine par l'égalité

$$E_{cr}^2=\begin{cases}\left[\Psi^2(N_{cr})\,\varepsilon^2+\left(\alpha^2-\overset{*}{\omega}\right)^2\right]N_{cr}^2, & \text{si } \left|\alpha^2-\overset{*}{\omega}^2\right|\geqq\varepsilon\,|\Psi(N_{cr})|,\\ \left[\Psi^2(M_{cr})\,\varepsilon^2+\left(\alpha^2-\overset{*}{\omega}^2\right)\right]M_{cr}^2, & \text{si } \left|\alpha^2-\overset{*}{\omega}^2\right|\leqq\varepsilon\,|\Psi(N_{cr})|,\end{cases} \tag{4}$$

dans laquelle

$$\Psi(V)=\frac{1}{V\pi}\int_0^{2\pi}f(\alpha V\cos y)\cos y\,dy$$

et où N_{cr}, M_{cr} vérifient respectivement les équations

$$\int_0^{2\pi}f'(\alpha N_{cr}\cos y)\,dy=0,$$

$$\varepsilon^2\Psi(M_{cr})\left[\Psi(M_{cr})+M_{cr}\Psi'(M_{cr})\right]+\left(\alpha^2-\overset{*}{\omega}^2\right)^2=0.$$

Dans le cas de la fonction $f(v)$ de M. van der Pol, on a

$$(\alpha\gamma N_{cr})^2=2;\qquad(\alpha\gamma M_{cr})^2=\frac{8}{3}+\frac{2}{3}\sqrt{1-3\left[\frac{\alpha^2-\overset{*}{\omega}^2}{\varepsilon\alpha\overset{*}{\omega}}\right]^2},$$

de sorte que

$$(\alpha\gamma E_{cr})^2=2\left\{\left[\frac{\alpha\overset{*}{\omega}\varepsilon}{2}\right]^2+\left(\alpha^2-\overset{*}{\omega}^2\right)^2\right\},\qquad\text{si}\quad\left|\alpha^2-\overset{*}{\omega}^2\right|\geqq\frac{\alpha\overset{*}{\omega}\varepsilon}{2}; \tag{5}$$

([1]) En d'autres termes, quelle que soit la force extérieure, on peut prendre α et $\overset{*}{\omega}$ assez voisins (cas de la résonance principale) pour que les sons différentiels cessent d'exister.

et

$$(\alpha\gamma E_{cr})^2 = \left\{ \frac{\varepsilon^2}{9}\left[1-\sqrt{1-3\left(\frac{\alpha^2-\overset{*}{\omega}{}^2}{\varepsilon\alpha\overset{*}{\omega}}\right)^2}\,\right]^2 + \left(\alpha^2-\overset{*}{\omega}{}^2\right)^2 \right\}$$
$$\times\left[\frac{8}{3}+\frac{4}{3}\sqrt{1-3\left(\frac{\alpha^2-\overset{*}{\omega}{}^2}{\varepsilon\alpha\overset{*}{\omega}}\right)^2}\,\right]. \qquad \text{si} \quad \left|\alpha^2-\overset{*}{\omega}{}^2\right| \leqq \frac{\alpha\overset{*}{\omega}\varepsilon}{2}.$$

Les formules (4), (5) confirment aussi la non-existence de la frontière de l'entraînement; donc toujours, dans le voisinage immédiat de la résonance, l'oscillation stationnaire sera forcée. L'amplitude N et la phase φ de cette oscillation forcée se déterminent respectivement par les équations

$$(6) \qquad E^2 = \left[\Phi^2(N)\,\varepsilon^2 + \left(\alpha^2-\overset{*}{\omega}{}^2\right)^2\right] N^2; \qquad \cot\varphi = \frac{\overset{*}{\omega}{}^2-\alpha^2}{\Psi(N)},$$

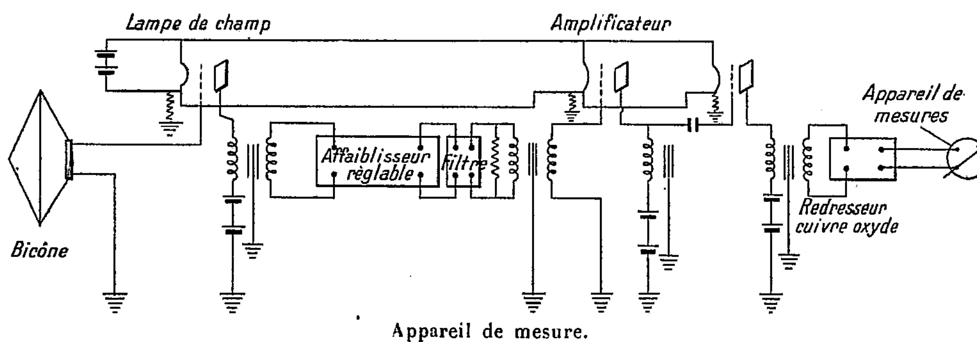
d'où il s'ensuit, entre autres, que, pour $\alpha^2 = \overset{*}{\omega}{}^2$ (résonance exacte), on a $\varphi = \pi/2$, c'est-à-dire la phase de l'oscillation forcée se trouve tournée de 90° par rapport à la phase de la force extérieure.

L'équation (6) prouve aussi que la résonance sera d'autant plus aiguë que ε sera plus petit. L'équation (6) donne même le moyen de construire graphiquement les courbes de résonance exprimant la dépendance entre N et $\alpha^2 - \overset{*}{\omega}{}^2$, et en examinant de près les courbes susdites, on constate que le maximum de N a lieu, non pour $\alpha^2 = \overset{*}{\omega}{}^2$, mais se trouve déplacé par rapport à cette position.

Pour conclure, remarquons que les résultats de cette Note, relatifs aux propriétés de la résonance principale, peuvent être aussi obtenus à l'aide de l'application des méthodes de recherche des solutions périodiques. Or ceci a lieu seulement parce que nous avons pris ici le système oscillant avec un degré de liberté et la force extérieure avec une seule fréquence. Si ces conditions ne sont pas remplies, les méthodes susdites cessent d'être applicables tandis que nos méthodes s'adapteront sans aucune difficulté.

ACOUSTIQUE. — *La* sonde phonique *pour la mesure des intensités mécaniques des sons.* Note (¹) de M. **J.-F. Cellerier**, présentée par M. A. Mesnager.

La détermination des intensités sonores ne peut être scientifiquement effectuée que sur des *sons purs*, et non sur des bruits indéfinis. D'où la nécessité de *sélectionner* les sons émis par des *filtres électriques* appropriés, comme nous l'avons indiqué dans notre Communication du 23 décembre 1929. Pour la précision des mesures, on substitue aux vibrations acoustiques des courants microphoniques.



Appareil de mesure.

La *sonde phonique* tient compte de ces *desiderata*. Elle comprend essentiellement :

1° Un *microphone récepteur bicône* d'une très grande sensibilité qui facilite le choix d'un amplificateur maniable et constant dans de plus larges limites d'alimentation;

2° Une *lampe amplificatrice de champ*, placée entre le microphone dont l'impédance peut varier avec la fréquence, et la boîte d'affaiblissement d'impédance constante de 600 ohms. On évite ainsi la distorsion de fréquence pour les limites pratiques entre lesquelles on opère;

3° Un *affaiblisseur réglable*, dont on manœuvre les manettes des plots de telle sorte que la différence de tension aux bornes de sortie soit constante;

4° Une *série de filtres de sélection*. Ceux-ci sont appropriés à des intervalles de fréquence aussi étroits que possible, depuis les basses jusqu'aux

(¹) Séance du 14 mars 1932.

hautes fréquences et peuvent être disposés pour être intercalés dans le circuit, soit en série, soit en parallèle;

5° Un *amplificateur*. Il est du modèle courant pour lampes à trois électrodes utilisées en T. S. F.;

6° Un *appareil de mesure*, constitué par un milliampéremètre, précédé d'un redresseur (à oxyde de cuivre); son aiguille enregistre l'intensité du courant-plaque dans la dernière lampe sur un secteur gradué. Dans les mesures, l'affaiblisseur réglable est manœuvré de manière à ce que l'appareil de mesure enregistre toujours la même indication;

7° *Étalonnage*. L'appareil complet comprend quatre boîtes portatives de faible poids. Il est préalablement étalonné par rapport à divers sons purs, chacun de fréquence déterminée et produits par un diapason-étalon du Laboratoire d'Essais du Conservatoire national des Arts et Métiers. Il est également gradué, pour la pratique courante, en décibels, unité assez arbitraire adoptée par les Américains pour les rapports d'intensité des sons.

Exemples résumés des résultats obtenus. — Pour *chaque instrument de musique* on peut déterminer les diverses intensités sonores suivant l'attaque par le musicien et la hauteur du son. C'est ainsi que les cuivres et les tambours atteignent 50 décibels à 10^m de l'instrument; les cordes, plus modestes, s'élèvent jusqu'à 15 à 20 décibels, etc. Les disques ordinaires de *phonographe* (à son unique) fournissent de 25 à 45 décibels suivant leurs fréquences, à 4^m de distance.

Une *trompe d'automobile* alimentée par débit d'air sous pression variable peut aller de 40 à 50 décibels, à 4 mètres.

La *sonde phonique* fournit également un moyen très simple d'enregistrer la *puissance vocale des chanteurs*, et notamment sa variation suivant la hauteur du son émis. Certains artistes atteignent 55 décibels, d'autres à peine 25, soit 30 décibels de moins, ce qui correspond à une intensité sonore de $10^3 = 1000$ fois plus faible.

L'étude de l'*acoustique d'une salle* s'effectue en disposant la sonde phonique en divers points de la salle (de concert, de théâtre, de conférence, d'habitation, d'un navire, etc.) soit pour y déterminer les qualités d'écoute par rapport à un bruit émis dans la pièce (instrument, chanteur, conférencier, etc.), soit pour y constater l'intensité des bruits provenant de l'extérieur.

L'isolement phonique des matériaux a été également étudié pour des sons de fréquence et d'amplitude déterminées. Nous avons défini comme *facteur de transmission phonique* σ le rapport de l'intensité sonore d'une source

déterminée transmise au travers du matériau à celle transmise directement. Il est relié à l'affaiblissement correspondant du son n exprimé en décibels par la relation : $n = 10 \log \sigma$. Il varie avec la nature, l'épaisseur du matériau et aussi la hauteur du son émis.

Les échantillons fournissant des valeurs de $\sigma < 20 \times 10^{-4}$ ont paru susceptibles (en prenant toutes précautions pour le montage en cloisons) de fournir de bons produits isolants phoniques.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un nouvel accumulateur à l'iode*. Note (1) de M. **François Boissier**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Les accumulateurs au plomb ou au fer-nickel, actuellement en usage, présentent certains inconvénients, tels que : sulfatation normale ou accidentelle des plaques, désagrégation des électrodes, même en dehors de chocs ou d'un travail poussé ; présence de liquide libre, acide ou caustique ; dégagement de vapeurs corrosives ; énergie massique relativement faible. De là résultent : une usure rapide, liée aux conditions d'utilisation de l'appareil ; nécessité de soins continuels ; grande fragilité ; manque d'étanchéité et de propreté ; difficultés de maniement.

Des études sur les sels halogénés m'ont amené à construire un nouvel accumulateur à l'iodure de zinc, avec électrodes en zinc et charbon, échappant à ces inconvénients. En particulier, on n'a à craindre ni la sulfatation des plaques, ni aucune transformation nuisible analogue. Les électrodes indéformables ne peuvent se désagréger, même sous un travail intense, électrique ou mécanique.

L'électrolyte neutre (sel de zinc) est entièrement immobilisé et ne donne lieu à aucun dégagement gazeux ; on peut obtenir une énergie massique égale à plusieurs fois celle des accumulateurs au plomb.

Ces qualités assurent à l'accumulateur à l'iode : une étanchéité absolue, une robustesse à toute épreuve, une grande facilité de maniement et de transport, une très longue durée d'emploi, vu qu'entre la charge et la décharge il existe une réversibilité absolue, non limitée dans le temps par des réactions secondaires ; et en même temps il n'y a pas d'entretien, ni d'électrolyte à surveiller, ni de court circuit à craindre.

L'appareil actuellement réalisé présente l'aspect d'une pile sèche de

(1) Séance du 14 mars 1932.

forme cylindrique (*fig.* 1). Il comprend, au centre, comme électrode positive, un cylindre en charbon graphité, entouré d'une gaine de poudre de charbon absorbant, ou d'aggloméré spécial très poreux; une enveloppe, faisant corps avec le charbon et l'aggloméré, sert à la fois de diaphragme

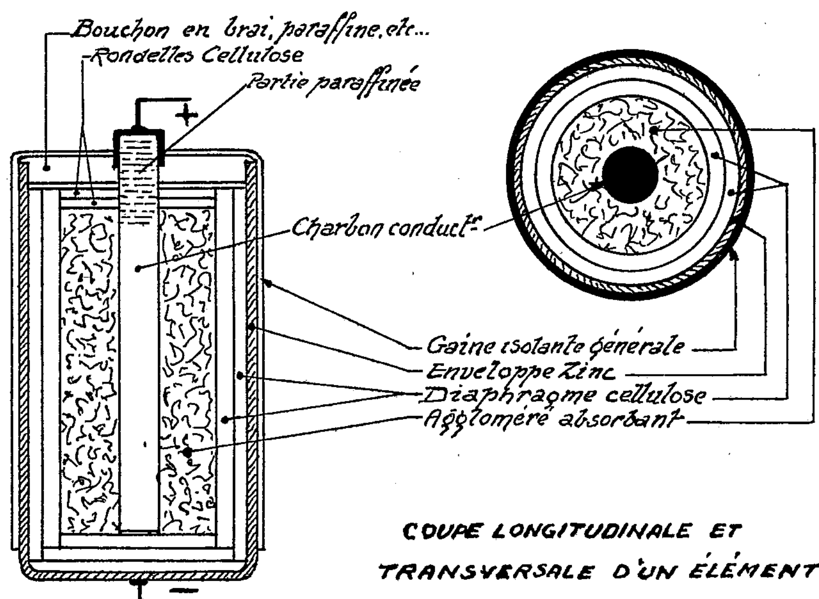
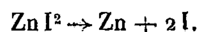


Fig. 1.

1, charbon conducteur central; 2, aggloméré absorbant; 3, diaphragme en cellulose; 3 *a* et 3 *b*, cellulose (diaphragme et rondelles); 4, enveloppe de zinc; 5, enveloppe externe isolante; 6, bouchon en brai, cire, etc.; 7, capsule de prise de contact; 8, partie imperméabilisée du charbon.

poreux et d'absorbant pour l'électrolyte. Le tout est renfermé dans un récipient cylindrique en zinc formant électrode négative (*fig.* 1).

PRINCIPE DU FONCTIONNEMENT. — La charge et la décharge correspondent à la réaction réversible :



$$ZnI^2 \rightarrow Zn + 2I.$$

Pendant la charge, l'iodure de zinc est décomposé : le zinc se dépose sur l'électrode négative et l'iode sur l'électrode positive, une partie étant dissoute dans l'électrolyte et l'autre absorbée par la poudre de charbon ou par l'aggloméré. Pendant la décharge, l'iodure de zinc se reforme intégralement.

CARACTÉRISTIQUES. — *a. Capacité.* — La quantité d'iode libéré détermine la capacité à raison de 1 ampère-heure pour $4^g,73$ d'iode. Un litre d'électrolyte, à 65° Baumé, correspond donc théoriquement à environ 125 A.H. de capacité. Mais en pratique, cette limite n'est pas atteinte. Quand la teneur

en iode atteint un certain degré, un état d'équilibre s'établit. L'iode de la solution réagit sur le zinc de l'électrode négative, et à partir d'un certain moment, il se reforme autant d'iodure que le courant de charge en décompose. Quant à la capacité spécifique, elle se rapproche de 60 A.H. par kilogramme total.

b. Force électromotrice. — En charge normale sous intensité constante,

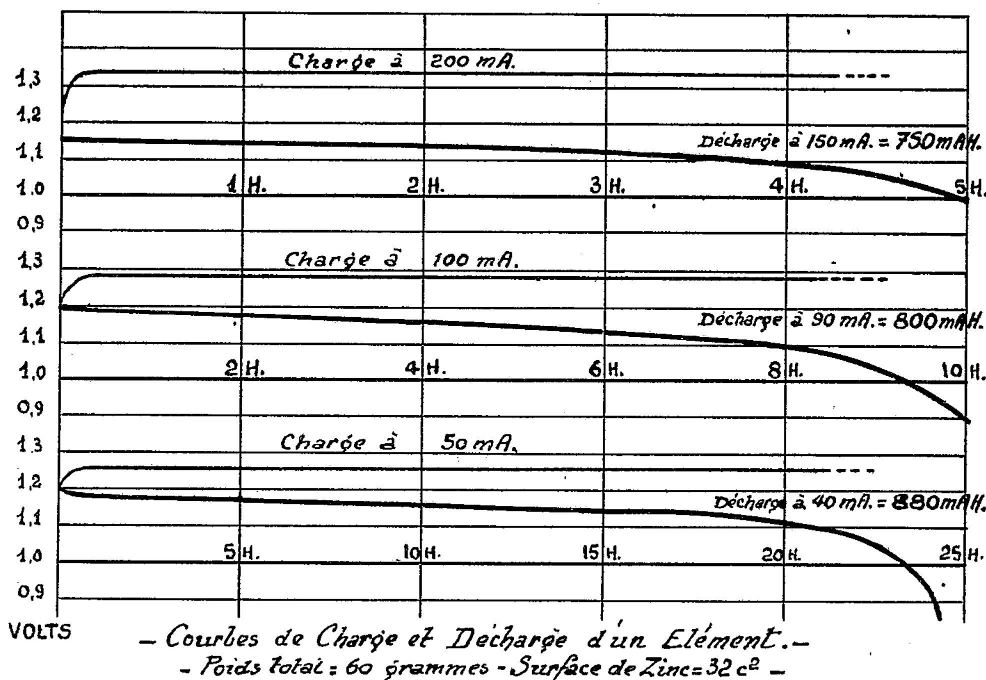


Fig. 2. — Courbes de charge et de décharge d'un élément.
Poids total 60 grammes. Surface du zinc 52cm².

elle atteint presque immédiatement 1v,2, et s'y maintient ensuite pendant toute la durée de la charge, même quand cette dernière est complète. Pour apprécier la fin de la charge, on peut ajouter à la solution d'iodure une petite quantité de chlorure ou de bromure de zinc, dont la décomposition exige une tension plus élevée que pour l'iodure et fait ainsi monter brusquement le voltage.

A la décharge, les variations de la f. é. m. étant de sens inverses, celle-ci, comme le montre le diagramme (*fig.* 2), reste à peu près constante.

c. Résistance intérieure. — Le liquide étant immobilisé, la résistance est plus grande que dans les accumulateurs au plomb, mais toutefois elle reste

suffisamment basse pour permettre, avec un très bon rendement, une décharge au régime de 10 heures. La résistance normale correspond à peu près à 1 milliampère par centimètre carré d'électrode négative. En diminuant le diamètre des cylindres, on augmente proportionnellement la surface des électrodes par rapport à leur volume; on peut ainsi, dans de bonnes conditions, obtenir de forts débits par un montage en parallèle d'éléments cylindriques long et de petit diamètre.

d. Rendement. — Il est compris actuellement entre 70 et 80 pour 100.

e. Conservation de la charge. — A circuit ouvert, il y a formation très lente d'iodure de zinc, d'où perte de capacité, mais cette perte est négligeable dans la plupart des applications courantes.

ÉLECTROCHIMIE. — *Enregistrement par la photographie du* pH *au cours des réactions de la voie humide.* Note de MM. **Pierre Jolibois** et **Georges Fouretier**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Nous avons décrit [1] un dispositif qui permet d'enregistrer photographiquement la conductibilité électrique d'un électrolyte en fonction de l'introduction d'un réactif. Le but de la présente Note est de montrer que l'on peut également diriger sur un des galvanomètres de l'appareil enregistreur un courant proportionnel au pH d'un liquide.

Dans les mesures de pH on a l'habitude de prendre, par une méthode potentiométrique ou électrométrique, la force électromotrice d'une pile constituée par la chaîne suivante :

Electrode au calomel : liquide à mesurer; électrode d'hydrogène ou électrode à quinhydrone.

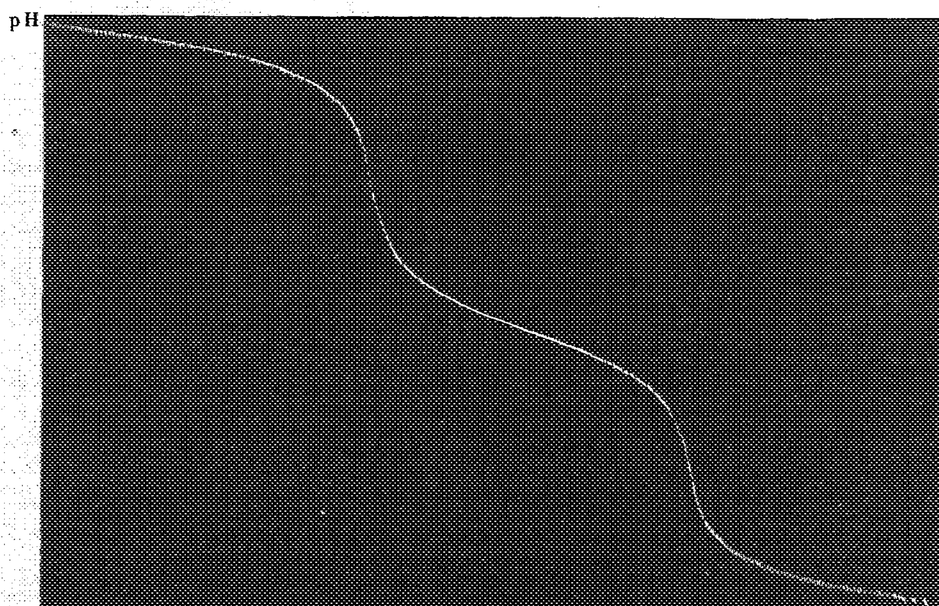
Les piles ainsi construites jusqu'ici ont une résistance intérieure considérable qui ne présente aucun inconvénient dans le cas des mesures par opposition.

Nous avons au contraire réalisé un dispositif qui permet de donner à cette pile un petit débit. Nous avons vérifié que la résistance intérieure et la polarisation n'interviennent pas pour un débit de quelques microampères pendant plusieurs heures.

Le galvanomètre que nous avons employé comprenait dans son circuit

(1) P. Jolibois et G. Fouretier, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 872.

une grande résistance (50000 ω) et donnait ainsi une déviation proportionnelle a la force électromotrice. Pour diminuer la résistance de la pile nous avons constitué l'électrode d'hydrogène par une lame de platine contenue dans une cloche renversée plongeant dans l'électrolyte; l'électrode au calomel formée par une électrode de mercure large de 1^{cm^2} saupoudrée de calomel et surmontée d'une gelée d'agar agar saturée de KCl était placée à l'intérieur même de l'électrolyte. La diffusion des sels dans l'électrolyte et dans l'électrode au calomel est rendue négligeable en protégeant la surface de la gelée par une plaque poreuse en alundum mince. On peut dans ces conditions obtenir à chaque instant sur un des galvanomètres uu courant proportionnel au pH de l'électrolyte.



Neutralisation de l'acide orthophosphorique par la soude.

En introduisant dans ce dernier un réactif dont on mesure électriquement le volume suivant le dispositif décrit dans notre précédente Note (*loc. cit.*), on photographie les courbes qui relient la variation du pH à l'addition des réactifs appropriés.

Nous publions à titre d'exemple les résultats que nous avons obtenus par la neutralisation de l'acide orthophosphorique au moyen de la soude et qui

font apparaître nettement deux basicités de cet acide sur trois qu'il possède.

Pour graduer les courbes en volumes de réactifs on commence par prendre un cliché sur lequel on trace par des interruptions de lumière des points correspondant aux centimètres cubes de 5 en 5. Quant à la graduation en pH, elle est obtenue en employant les solutions tampons préconisées par Clark (1) qu'il est facile d'obtenir depuis pH 1.2 à pH 10 avec toutes les valeurs intermédiaires.

En résumé, nous avons montré que l'on peut mesurer le pH d'une manière continue au moyen d'un galvanomètre et nous avons appliqué ce dispositif nouveau à l'enregistrement photographique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des sels neutres sur l'inversion du sucre par les acides.* Note de M. H. Colin et Mlle A. Chaudun, transmise par M. H. Le Chatelier.

L'action des sels neutres sur l'hydrolyse du saccharose par les acides étendus a été surtout étudiée dans le cas où l'acide et le sel ont un ion commun. Le sel retarde l'inversion si l'acide est peu dissocié; il l'accélère, au contraire, à concentration suffisante, dans le cas des acides forts, et cela malgré le recul de la dissociation (2).

Le cas de beaucoup le plus fréquent, en pratique, est celui où l'acide et le sel n'ont pas d'ion commun. Il s'établit alors, entre le sel et l'acide, des relations qui sont régies par les lois de partage d'une base entre deux acides.

Les périodiques de sucrerie (3) donnent un certain nombre de résultats concernant le pouvoir hydrolysant de quelques-uns de ces systèmes. On trouve d'autre part, dans les manuels classiques, de très nombreux renseignements sur la concentration en ions hydrogène des solutions-tampons.

Nous avons étudié systématiquement quelques mélanges acide + sel, parmi les plus typiques, en vue de nous rendre compte du degré de parallélisme des deux phénomènes : variation de la vitesse d'hydrolyse et variation de la concentration en ions hydrogène.

Dans une première série d'expériences, on a hydrolysé le sucre par un acide faible en présence d'un certain nombre de sels de potassium

(1) Clark, *The determination of Hydrogen Ions*, 2e édit., p. 106.
(2) H. Colin et A. Chaudun, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1229.
(3) Voir par exemple E. Saillard, *Circulaire hebdomadaire*, 3 août 1924.

(KCl, NO^3K, SO^4K^2, KOOC — COOK, CH^3COOK) et comparé le quotient k'/k des constantes d'hydrolyse à la différence pH — p'H évaluée au potentiomètre (k' et p'H se rapportant à la solution additionnée de sel, k et pH à la liqueur témoin); les deux quantités $\log k'/k$ et pH — p'H seraient égales si la vitesse d'inversion était rigoureusement proportionnelle à la concentration des ions H^+.

Voici la moyenne des résultats obtenus avec HCOOH, choisi de préférence à CH^3COOH en raison de l'action nocive qu'exerce ce dernier sur les électrodes de platine dans la mesure électrométrique du pH des liqueurs.

Conditions expérimentales : saccharose, 5 pour 100; HCOOH, N/10; sels, N/10: durée de l'hydrolyse, 2 heures au bain-marie à 46°; $l = 5^{dm}$, $\lambda = 5461$; température des lectures, 17°; $\alpha_0 = 19°,38$; α_0^- (théorique) = — 6°05.

	α.	$\alpha_0 - \alpha$.	k'/k.	$\log k'/k$.	pH — p'H.
Témoin	9°,04	10°,34	–	–	–
KCl	6,98	12,40	1,28	0,11	±ε
NO^3K	6,99	12,39	1,28	0,11	±ε
SO^4K^2	12,21	7,17	0,63	$\bar{1},80 = -0,20$	—0,20
KOOC — COOK	18,17	1,21	0,09	$\bar{2},97 = -1,03$	—1,09
CH^3COOK	19,23	0,15	0,01	$\bar{2},04 = -1,96$	—1,67

Pour compléter ces données, on a remplacé l'acide faible par un acide fort, HCl; de cette façon, les cas les plus typiques se trouvent rassemblés.

Les conditions expérimentales sont exactement les mêmes que précédemment, sauf que l'hydrolyse s'effectue à la température du laboratoire : 16°-17°.

	α.	$\alpha_0 - \alpha$.	k'/k.	$\log k'/k$.	pH — p'H.
Témoin	18°,66	0°,72	–	–	–
KCl	18,60	0,78	1,08	0,03	±ε
NO^3K	18,50	0,88	1,22	0,09	±ε
SO^4K^2	18,82	0,56	0,77	$\bar{1},89 = -0,11$	—0,10
KOOC — COOK	19,15	0,23	0,32	$\bar{1},51 = -0,49$	—0,42
CH^3COOK	19,32	0,06	0,08	$\bar{2},78 = -1,22$	—0,96

Le catalyseur étant un acide faible, on voit que l'expression pH — p'H est nulle ou négative; autrement dit, l'addition d'un sel, quel qu'il soit, fait croître le pH de la solution, et l'augmentation d'alcalinité devrait entraîner, dans tous les cas, une diminution de la vitesse d'hydrolyse : c'est bien ce qu'on observe, à des degrés divers, avec le sulfate, l'oxalate et l'acétate;

par contre, le chlorure et le nitrate favorisent l'inversion, malgré la variation à peu près insignifiante du pH, comme si un autre phénomène, l'action des anions vraisemblablement, se superposait au premier.

Les conclusions qui se dégagent de la seconde expérience sont sensiblement les mêmes : les quantités $\log k'/k$ et pH — p′H, très voisines dans le cas de KCl et de SO^4K^2, diffèrent nettement pour les autres sels et la vitesse d'hydrolyse varie *plus vite* que ne l'exigerait sa proportionnalité à la concentration en ions hydrogène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un phénomène de chimie capillaire.* Note de M. **René Dubrisay**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Considérons une solution en contact avec une atmosphère gazeuse ou avec un liquide non miscible au solvant : la concentration en corps dissous n'est pas la même à la surface libre que dans la masse du liquide. Si le corps dissous abaisse la tension superficielle du solvant, il y a enrichissement à la surface; il y a appauvrissement dans le cas contraire. Ce fait a été établi théoriquement par Gibbs [1], et vérifié expérimentalement en particulier par Miss Benson [2], Donnan et Barker [3], Lewis [4], Bancelin [5], etc.

Si maintenant on envisage une solution de plusieurs corps, agissant inégalement sur la tension superficielle du solvant, l'enrichissement à la surface libre doit être particulièrement marqué pour le corps qui abaisse le plus fortement la tension superficielle. Cette proposition qui paraît naturelle, peut être facilement établie par un développement des raisonnements de Gibbs: j'en ai pu donner quelques vérifications expérimentales, dont je mentionnerai les plus caractéristiques.

Walker a montré [6] qu'à la concentration pondérale de 0,1 pour 100 d'acide gras, l'oléate de sodium abaisse la tension superficielle de l'eau plus que le laurate [7]. La réduction est en effet de 51,1 dynes/centimètres

---

(1) J. W. Gibbs, *Scientific Papers*, 1, p. 219, Longmans Green et C°, Londres, 1906.

(2) Benson, *J. Phys. Chem.*, 7, 1903, p. 532.

(3) Donnan et Barker, *Proc. Roy. Soc. London*, (A), 85, 1911, 557.

(4) Lewis, *Phil. Mag.*, 15, 1908, p. 499, et 17, 1909, p. 466.

(5) Bancelin, *Journ. Chimie Phys.*, 22, 1925, p. 538.

(6) Walker, *J. Chem. Soc. Lond.*, 119, 1918, p. 1521.

(7) Les chiffres donnés pour la tension superficielle de l'eau à 18° varient suivant les auteurs de 72,4 à 73,8 dynes/centimètres.

pour l'oléate et de 22 pour le laurate à la température ordinaire. J'ai pris une solution mixte de ces deux savons à la concentration indiquée, et l'ai fait mousser au moyen d'un courant d'air débarrassé de gaz carbonique (ou mieux par un courant d'azote). J'ai pu ainsi séparer d'une part un liquide *de tête* provenant de la mousse, d'autre part un liquide résiduel ou liquide *de queue*. D'après ce qui vient d'être dit, le rapport de l'acide oléique à l'acide laurique doit être plus grand dans la mousse que dans les liquides de queue. Pour le vérifier dans ces deux portions, j'ai extrait les acides gras par traitement à l'acide sulfurique dilué et épuisement à l'éther. Les produits obtenus étaient étudiés par les procédés usuels de l'analyse des corps gras; les résultats ont été les suivants :

	Point de fusion.	Indice d'iode.
Acides de tête	Inférieur à 20°	54,5
Acides de queue	28°,5	16,9

En admettant pour l'acide oléique un indice d'iode de 90, ceci correspond, en chiffres ronds, à 60 pour 100 d'acide oléique dans les têtes et à 19 pour 100 dans les queues.

Une étude analogue a été poursuivie sur un mélange de laurate et de stéarate de sodium. Ici les mesures de Walker ont montré qu'aux basses températures le laurate abaisse la tension superficielle de l'eau plus que le stéarate (abaissement à 45°, 35,5 pour le laurate contre 25,2 pour le stéarate à la concentration de 0,1 pour 100). A 90°, l'ordre est inversé (21,9 pour le laurate contre 44,6 pour le stéarate).

J'ai fait deux expériences, l'une à 40°, l'autre à 90°, et déterminé le point de fusion des acides extraits dans chaque cas soit des mousses, soit du liquide résiduel : j'ai obtenu les résultats suivants :

	Expérience à 40°.	Expérience à 90°.
Point de fusion des acides de tête	48,6	57,4
Point de fusion des acides de queue	55,8	48,8

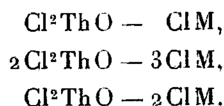
Heintz a montré que le point de fusion des mélanges d'acides laurique et stéarique augmente constamment avec la teneur en acide stéarique [1] : il est donc établi, conformément aux prévisions, que dans le cas actuel, les mousses sont enrichies en acide laurique à 40°, et, au contraire, enrichies en acide stéarique a 90°.

[1] LEWKOWITSH, *Huiles, graisses et cires*, édition française, I, p. 179, Dunod, Paris, 1929.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les combinaisons anhydres du chlorure de thoryle avec les chlorures alcalins.* Note de MM. **Ed. Chauvenet** et **J. Tonnet**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons recherché les combinaisons anhydres susceptibles d'être fournies par le chlorure de thoryle avec les chlorures alcalins.

Dans ce but, nous avons fait des mélanges de Cl^2ThO et du chlorure alcalin dans les rapports suivants :



$$Cl^2ThO - ClM,$$
$$2Cl^2ThO - 3ClM,$$
$$Cl^2ThO - 2ClM.$$

Le moyen le plus commode pour atteindre ce résultat a été de faire une liqueur titrée avec chacun des sels et de mélanger convenablement les solutions, lesquelles, par évaporation à siccité, ont abandonné les mélanges salins. Chaque dépôt a été ensuite chauffé dans une atmosphère de gaz chlorhydrique sec, la température étant comprise entre 300° et 350°, jusqu'à élimination complète de l'eau. Enfin pour chasser le gaz chlorhydrique retenu par les substances, nous avons maintenu les produits à la température d'une centaine de dégrés dans un courant d'anhydride carbonique sec, jusqu'à poids constant.

Pour déterminer la nature des produits ainsi préparés (mélanges ou combinaisons), nous avons mesuré leur densité et calculé la chaleur de fixation des constituants.

La première technique n'a donné de renseignements bien nets qu'en ce qui concerne les systèmes thorium-lithium et thorium-sodium; pour les autres, les différences entre les densités trouvées et les densités calculées sont plus faibles, sans qu'on puisse conclure cependant que la méthode soit infirmée.

Densités à 17°.

Cl^2ThO	4,119	$Cl^2ThO.ClK$	3,567
ClLi	1,991	$2Cl^2ThO.3ClK$	3,189
ClNa	2,10	$Cl^2ThO.2ClK$	2,78
ClK	1,98	$Cl^2ThO.ClRb$	3,90
ClRb	2,801	$2Cl^2ThO.3ClRb$	3,58
ClCs	3,354	$Cl^2ThO.2ClRb$	3,34
$Cl^2ThO.ClLi$	3,88	$Cl^2ThO.ClCs$	3,91
$2Cl^2ThO.3ClLi$	3,44	$2Cl^2ThO.3ClCs$	3,62
$Cl^2ThO.2ClLi$	3,09	$Cl^2ThO.2ClCs$	3,32
$Cl^2ThO.ClNa$	3,862		
$2Cl^2ThO.3ClNa$	3,38		
$Cl^2ThO.2ClNa$	2,901		

Les graphiques construits avec ces données ne présentent qu'un seul point anguleux, correspondant au mélange équimoléculaire.

Chaleurs de dissolution.

	Cal		Cal
Cl^2ThO.............	28,15	$Cl^2ThO.ClNa$..........	22,52
ClLi.................	8,90	$Cl^2ThO.2ClNa$.........	21,24
ClNa................	− 1,3	$Cl^2ThO.ClK$...........	16,07
ClK.................	− 4,39	$Cl^2ThO.2ClK$..........	11,87
ClRb................	− 4,95	$Cl^2ThO.ClRb$..........	9,90
ClCs................	− 4,7	$2Cl^2ThO.3ClRb$.......	7,80
$Cl^2ThO.ClLi$.........	21,92	$Cl^2ThO.ClCs$..........	11,59
$2Cl^2ThO.3ClLi$.......	26,6	$2Cl^2ThO.3ClCs$........	9,62

Chaleurs de fixation.

	Cal
$Cl^2ThO_{sol} + ClLi_{sol} \rightarrow Cl^2ThO, ClLi_{sol}$	+ 15,13
$Cl^2ThO_{sol} + ClNa_{sol} \rightarrow Cl^2ThO, ClNa_{sol}$	+ 4,33
$Cl^2ThO_{sol} + ClK_{sol} \rightarrow Cl^2ThO, ClK_{sol}$	+ 7,69
$Cl^2ThO_{sol} + ClRb_{sol} \rightarrow Cl^2ThO, ClRb_{sol}$	+ 13,3
$Cl^2ThO_{sol} + ClCs_{sol} \rightarrow Cl^2ThO, ClCs_{sol}$	+ 11,86

Les chaleurs de fixation sur les combinaisons moléculaires précédentes d'une autre molécule-gramme ou d'un fragment de molécule-gramme étant sensiblement nulles et étant de l'ordre des erreurs possibles, nous concluons que le chlorure de thoryle se combine molécule à molécule avec chacun des chlorures alcalins et qu'il ne donne que le type de combinaison Cl^2ThO, ClM.

Ce résultat, déjà vérifié par l'un de nous pour le lithium, avait été pressenti pour les autres alcalins (1).

A l'exception de la chaleur de formation du composé sodique, ces chaleurs sont élevées et permettent de conclure que ces combinaisons sont robustes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la bromuration de l'oxyde de phényle et de β-chlorallyle.* Note de MM. **L. Bert** et **E. Andor**.

Nous avons montré (2) que l'oxyde de phényle et de β-chlorallyle $C^6H^5.O.CH^2.CH = CHCl$ était scindé, à chaud comme à froid, en solu-

(1) *Ann. Chim. et Phys.*, 8e série, 23, 1911, p. 455.

(2) L. Bert et E. Andor, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 722.

tion dans l'acide acétique, le chloroforme ou le tétrachlorure de carbone, en phénol et bromure d'allyle β chloré.

L'inaptitude de $C^6H^5.O.CH^2.CH=CHCl$ à fixer BrH sur la double liaison de sa chaîne latérale se retrouve vis-à-vis du brome, à la différence près que la réaction est ici plus complexe.

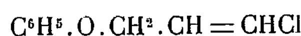
Nous nous en sommes assurés en ajoutant goutte à goutte en agitant 1^{mol} de brome dissoute dans $CHCl^3$, à la solution dans le même solvant, maintenue à 0°, de 1^{mol} d'oxyde de phényle et de β-chlorallyle. La décoloration du brome est immédiate et suivie par un dégagement faible, mais continu de BrH.

La distillation fractionnée, combinée avec l'extraction par NaOH des portions phénoliques, nous a permis d'isoler du produit de la réaction : 1° du bromure d'allyle β chloré; 2° du phénol; 3° du *p*-bromophénol; 4° de l'oxyde de *p*-bromophényle et de β-chlorallyle


$$(1)\ Br.C^6H^4.O.CH^2.CH=CHCl\ (4).$$

Le mécanisme de la réaction nous semble être le suivant :

De même qu'avec l'anisol, le brome s'introduit en para dans le noyau de $C^6H^5.O.CH^2.CH=CHCl$ en donnant de l'oxyde de *p*-bromophényle et de β-chlorallyle ; BrH produit simultanément scinde


$$C^6H^5.O.CH^2.CH=CHCl$$

en phénol et bromure d'allyle β-chloré ; le phénol se brome à son tour et fournit du *p*-bromophénol et BrH. On peut admettre aussi que le *p*-bromophénol et $CH^2Br.CH=CHCl$ proviennent pour une part de l'action de BrH sur l'oxyde de *p*-bromophényle et de β-chlorallyle engendré. Quoi qu'il en soit, le rendement de la préparation en ce dernier dérivé atteint 25 pour 100.

L'oxyde de *p*-bromophényle et de β-chlorallyle, composé nouveau, se présente sous la forme d'une huile incolore, à odeur de même nature, mais d'intensité moindre que celle de l'oxyde de phényle et de β-chlorallyle générateur.

Les constantes sont :

$$Eb_{13}=153°,\qquad d_4^0=1,5313,\qquad d_4^{11}=1,521,\qquad n_D^{11}=1,5785,$$

d'où

R. M. trouvée, 54,02; calculée 53,97.

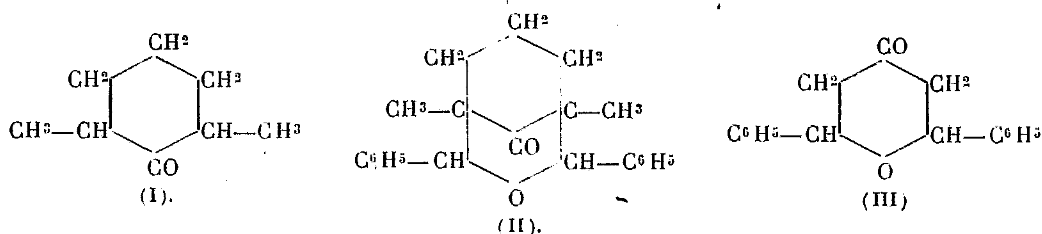
Analyse. — Substance, $0^g,238$; AgCl + AgBr, trouvé $0^g,316$, calculé pour C^9H^8OClBr, $0^g,318$.

Nous avons reproduit l'oxyde de *p*-bromophényle et de β-chlorallyle en condensant le *p*-bromophénol sodé avec le dichloro-1.3-propène, dans les conditions précisées par l'un de nous pour d'autres phénols [1]. Le rendement en produit identique au précédent s'élève à 60 pour 100.

En résumé, la bromuration de $C^6H^5.O.CH^2.CH=CHCl$ diffère profondément de celle de $C^6H^5.CH^2.CH=CHCl$ [2]. Ce dernier composé fixe en effet normalement Br^2 sur la fonction éthylénique de sa chaîne latérale, ce que le premier est impuissant à faire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Phénomènes d'isomérie chez les tétrahydropyrones*. Note [3] de MM. **R. Cornubert** et **P. Robinet**, présentée par M. M. Delépine.

Nous avons montré que l'αα'-diméthylcyclohexanone (I) pouvait être régénérée de sa combinaison tétrahydropyronique (II) [4]. Nous allons revenir sur cette question. Auparavant, nous rappellerons que l'un de nous a isolé trois corps répondant à la formule brute du corps (II), fondant respectivement à 175°, 197-198° et 216° (corr.) sans pouvoir affirmer définitivement qu'ils représentent trois isomères distincts [5] :



La combinaison tétrahydropyronique fondant à 175°, chauffée avec de l'acide chlorhydrique aqueux dilué, en tube scellé à 125-140°, a donné une certaine quantité d'aldéhyde benzoïque et d'αα'-diméthylcyclohexanone à côté d'une combinaison tétrahydropyronique fondant à 206° (corr.) qui s'est révélée identique à l'isomère précédemment décrit comme fondant

(1) L. Bert, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1565.
(2) L. Bert, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1504.
(3) Séance du 14 mars 1932.
(4) R. Cornubert et P. Robinet, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 107.
(5) R. Cornubert, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 585.

à 197-198° (corr.) et différente de celle fondant à 216°. Par contre, la cétone régénérée, recombinée à —15° à l'aldéhyde benzoïque sous l'influence de l'acide chlorhydrique, a fourni les isomères F. 175° et 216° ainsi que l'un de nous l'avait déjà observé [1]. L'isomère F. 206° a donc été obtenu par transposition de la combinaison tétrahydropyronique F. 175°; jusqu'ici, il n'avait été trouvé qu'une fois dans les produits de condensation de la cétone pure et de l'aldéhyde [2], mais, par contre, avait toujours été obtenu exempt d'autres isomères parmi les produits de condensation de l'orthodiméthylcyclohexanone d'alcoylation et de l'aldéhyde benzoïque. Cet isomère F. 206° en avait été séparé par distillation fractionnée; il faut noter que l'effet de température n'est pas la seule cause de cette transposition, car la distillation de l'isomère F. 175° ($Éb_{20}$: 271°) n'altère pas ce dernier.

De la même façon, l'isomère F. 216° a été hydrolysé à 125-140° en cétone et aldéhyde par l'acide chlorhydrique dilué, mais, n'en ayant encore obtenu qu'une faible quantité, nous ne pouvons apporter d'autres précisions. Par contre, l'isomère F. 206° ne s'est décomposé que pour une très faible proportion, même en élevant la température, en engendrant en particulier une $\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanone qui a fourni une petite quantité de tétrahydropyronique F. 206°. L'augmentation de la concentration de l'acide a conduit à un autre produit et surtout à des résines.

Ces trois substances sont donc trois tétrahydropyrones distinctes d'$\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanone; mais la coupure presque nulle de l'isomère F. 206° et le manque de quantités suffisantes de l'isomère F. 216° nous ont empêchés d'établir l'origine des trois tétrahydropyrones comme nous l'aurions voulu. (L'hydrolyse chlorhydrique à chaud aurait d'ailleurs pu provoquer des transpositions et l'identité éventuelle des trois cétones régénérées n'aurait pu être acceptée que sous réserve.)

On peut cependant noter que la cétone qui a engendré les isomères F. 175° et 216°, peut être considérée comme étant l'isomère *cis* car elle a donné deux oximes F. 65° et 118° [3] et les isomères 175° et 216° pourraient alors être isomères par le noyau pyronique. Mais qu'est l'isomère F. 206? Dérive-t-il de l'$\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexane *trans*, ou de l'isomère *cis* par une

(1) R. CORNUBERT, *loc cit.*

(2) A. HALLER et R. CORNUBERT, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 39, 1926, p. 1634.

(3) En ce qui concerne ces deux oximes, il y a cependant un point à préciser (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 585; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 49, 1931, p. 1387).

nouvelle isométrie pyronique? (Si l'on adopte une structure plane pour le noyau cyclohexanique, ce qui est nécessaire pour calculer le nombre des isomères, l'$\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanone *cis* doit en effet donner trois combinaisons tétrahydropyroniques, deux inactives et une racémique). Étant donné que dans la toute première expérience faite par MM. Haller et Cornubert, l'$\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanone d'oxime F. 118° a fourni la combinaison tétrahydropyronique F. 206°, on peut penser que cette dernière dérive également de la cétone *cis* et que les trois tétrahydropyroniques relèvent par conséquent de la même cétone; mais il faut craindre une transposition survenant à un moment quelconque, et, avant de répondre définitivement et d'apporter ainsi une contribution à l'étude du noyau cyclohexanique, il importe de faire agir l'aldéhyde benzoïque sur l'$\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanone *trans* de Skita (¹).

Nous ajouterons que nous avons observé l'existence de l'isomérie géométrique chez les tétrahydropyrones substituées. Nous avons pu en effet préparer deux diphényltétrahydropyrones III par condensation de l'acide acétonedicarbonique et de l'aldéhyde benzoïque sous l'influence de l'acide chlorhydrique, l'une déjà connue F. 131° (²), l'autre F. 76°. Toutes deux : 1° ont donné une oxime; 2° par une trace d'acide chlorhydrique en milieu acoolique, ont fourni la dibenzylidèneacétone; 3° ont conduit aux mêmes produits de dégradation permanganique : les acides benzoïque, formique et oxalique; 4° par la potasse isobutylique, ont engendré une même substance jaune dont l'étude se poursuit.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Relation entre les spectres d'absorption dans l'ultraviolet et les vitesses de réaction de certaines classes d'amines.* Note de M. **M. Grunfeld**, présentée par M. M. Delépine.

Afin de soumettre au contrôle de l'expérience l'énoncé proposé par Mme Ramart-Lucas (³) en ce qui regarde le parallélisme entre la couleur et la réactivité chimique d'un chromophore, j'avais mesuré les vitesses de

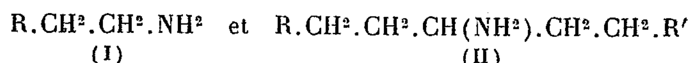
---

(¹) Skita, *Berichte d. deut. chem. Ges.*, 56, 1923, p. 2291.

(²) Petrenko-Kritschenko et ses collaborateurs, *Berichte d. deut. chem. Ges.*, 29, 1896, p. 994 et 2051; 31, 1898, p. 1508; *J. f. pr. Chem.*, 60, 1899, p. 140.

(³) Mme Ramart-Lucas, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 726.

réaction entre les amines primaires



$$\underset{(I)}{R.CH^2.CH^2.NH^2} \quad \text{et} \quad \underset{(II)}{R.CH^2.CH^2.CH(NH^2).CH^2.CH^2.R'}$$

et l'éther malonique (¹).

J'indique aujourd'hui les mesures relatives à l'absorption dans l'ultraviolet moyen de quelques amines du groupe I et de deux amines cyclaniques, la cyclohexylamine et l'*o*-méthylcyclohexylamine, possédant le groupement $>CH.NH^2$ des amines du groupe II. On verra que la comparaison des deux groupes de mesures vérifie bien l'énoncé proposé.

Les études spectroscopiques sur les amines aliphatiques sont peu nombreuses. M. V. Henri (²) a mesuré l'absorption des mono-, di- et triméthylamines, des mono-, di- et triéthylamines et des mono-, di- et tripropylamines.

Les amines dont j'ai mesuré l'absorption ont été préparées par réduction, au moyen du sodium et de l'alcool éthylique absolu, des nitriles correspondants pour celles du groupe (I), et des cétoximes correspondantes, pour les amines cyclaniques (II). Elles ont été purifiées soigneusement et conservées dans des ampoules scellées pour éviter la carbonatation à l'air.

Les mesures spectroscopiques ont été faites sur les bases libres dans l'alcool à 95°-96° et dans l'hexane, et sur les chlorhydrates en solution aqueuse. La loi de Beer a été vérifiée sur des concentrations N/1, N/5 et N/10.

Les tableaux suivants résument quelques-uns des résultats obtenus; ils font connaître les logarithmes des coefficients d'absorption ($\log \varepsilon$, calculé d'après la formule $I = I_0.10^{-\varepsilon c d}$) des amines en fonction de la longueur d'onde (en Å).

Tableau I.

Bases libres dans l'alcool (solution à N/5).

log ε.....	$\bar{1}$,88.	0,03.	0,4.	0,78.	1,0.	1,33.	1,48.	1,7.
n-Amylamine................	2430	2400	2350	2295	2285	2235	2230	–
n-Octylamine................	2420	2400	2345	2295	2275	2235	2225	–
n-Dodécylamine..............	2420	2375	2315	2255	2240	2205	2195	–
Cyclohexylamine.............	2365	2350	2295	2255	2245	2235	2225	–
o-Méthylcyclohexylamine.....	2360	2330	2305	2255	–	2225	2215	2200

(¹) M. Grunfeld, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 893.

(²) V. Henri, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1860.

TABLEAU II.

Bases libres dans l'hexane (solution à N/5).

log ε.....	$\bar{1}$,88.	0,03.	0,4.	0,78.	1,0.	1,33.	1,48.	1,7.
n-Amylamine................	2475	2455	2430	2400	2385	2360	2345	2330
n-Octylamine................	2475	2455	2430	2405	2390	2355	2345	2330
Cyclohexylamine.............	2490	2460	2425	2395	2380	2360	2350	2330
o-Méthylcyclohexylamine......	2455	2440	2415	2395	2380	2355	2340	2325

L'examen du premier tableau nous fait voir que, dans le domaine spectral compris entre 2490 Å et 2200 Å, toutes les amines présentent une absorption continue, que leurs coefficients d'absorption sont très petits, que l'absorption ne dépend pas du poids moléculaire (¹), mais qu'elle dépend de la structure. On rencontre une différence pour les plus grandes longueurs d'onde dans l'absorption des amines à chaîne normale, suivant que le groupe NH^2 est fixé sur un atome de carbone primaire ou sur un atome de carbone secondaire.

Les amines à noyau cyclanique sont plus transparentes que celles à chaîne normale.

Dans l'hexane toutes les amines semblent présenter la même absorption, mais elles sont plus absorbantes dans ce solvant que dans l'alcool.

Les chlorhydrates sont beaucoup plus transparents que les bases libres et les mesures deviennent par suite difficiles à effectuer.

En comparant les mesures de l'absorption et les vitesses de réaction des amines étudiées (GRUNFELD. *loc. cit.*), on peut observer que *dans l'alcool* les amines à carbone primaire au voisinage de la fonction (groupe I) qui ont une même vitesse de réaction avec l'éther malonique, ont sensiblement la même absorption. Il en est de même pour les amines possédant un atome de carbone secondaire au voisinage du groupement fonctionnel (groupe II). Cette vitesse de réaction n'est pas la même d'une série à l'autre.

(¹) Mme RAMART-LUCAS, Mlle BIQUARD et M. GRUNFELD, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1196-1198.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les hydrocarbures colorés : un hydrocarbure bleu.* Note de M. **Marius Badoche**, présentée par M. M. Delépine.

Les quelque trois cents hydrocarbures colorés actuellement décrits sont surtout jaunes : au fur et à mesure que la couleur tire vers le bleu, le nombre des corps connus décroît rapidement et les hydrocarbures bleus n'atteignent pas la dizaine.

Mes recherches concernant l'action du sodium métallique sur le diphényl-9.11-diphénylène-9.12.10.11-dihydro-9.11-naphtacène, de formule $C^{42}H^{26}$, m'ont permis d'obtenir un nouveau représentant de la classe de ces hydrocarbures à coloration bleue, complétant en même temps la gamme variée des hydrocarbures colorés apparentés au rubrène : jaune clair, jaune brun [1], orangé [2], rouge [3], violet [4], et enfin bleu.

La décomposition hydrolytique du dérivé organo-sodé de l'hydrocarbure $C^{42}H^{26}$ m'a fourni, à côté des deux hydrocarbures résultant d'une hydrogénation normale et précédemment décrits [5], trois hydrocarbures, l'un bleu et les deux autres incolores, dont l'étude fait l'objet de la présente Note.

L'hydrocarbure bleu cristallise en fines aiguilles à reflets violacés et tellement foncées qu'elles paraissent noires, fondant vers 465° (fusion instantanée) et se sublimant sans altération à partir de 260° sous une faible pression (de l'ordre du millième de millimètre de mercure). Cette substance, de très faible solubilité (1,5 pour 10000 dans le chloroforme où elle est le plus soluble), donne néanmoins des solutions très fortement colorées en bleu ou en bleu vert suivant les solvants, avec une fluorescence violacée rouge; l'examen au spectrophotomètre de la solution chloroformique montre trois bandes d'absorption, dont les maxima se trouvent aux longueurs d'onde 6100 Å, 5650 Å et 5200 Å (voir la figure).

---

(1) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et P. Lotte, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 47, 1930, p. 221.

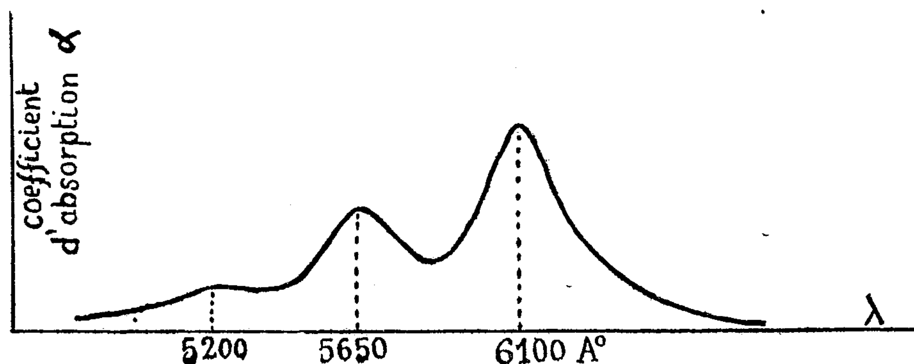
(2) Ch. Dufraisse et M. Badoche, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 242.

(3) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et P.-M. Dean, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1440 ; A. Willemart, *Ann. de Chim.*, 10e série, 12, 1929, p. 391.

(4) Ch. Dufraisse et M. Badoche, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 529.

(5) M. Badoche, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 891.

D'après l'analyse élémentaire (trouvé : H pour 100, 4,49 ; C pour 100, 95,05) il résulte que l'hydrocarbure obtenu est moins hydrogéné que celui ayant servi à le préparer (calculé pour $C^{42}H^{26}$: H pour 100, 4,94 ; C pour 100, 95,05). La déshydrogénation de ce dernier peut être envisagée, en particulier, de deux manières : 1° par perte d'hydrogène moléculaire



subordonnée à une cyclisation supplémentaire : l'hydrocarbure obtenu posséderait alors le même nombre d'atomes de carbone que le dérivé initial ; 2° par élimination de deux groupements C^6H^5, en 9.11 par exemple, et création de nouvelles doubles liaisons : l'hydrocarbure formé, à nombre d'atomes de carbone moindre que le précédent, serait d'un type voisin de $(C^{15}H^8)^n$ avec $n = 2$, (¹). La vérification de telles hypothèses, par des mesures cryoscopiques, est rendue difficile par suite de la faible solubilité de la substance.

Soumis à l'action de l'hydrogène naissant l'hydrocarbure bleu fournit un dérivé incolore, fondant à 400°.

Ce même hydrocarbure bleu a été obtenu par déshydrogénation, à l'aide de la litharge, des deux hydrocarbures incolores, formés en même temps que lui au cours de l'action du sodium.

L'un de ceux-ci fond vers 400° (fusion instantanée), il est peu soluble (de l'ordre de 4 pour 10000 dans le chloroforme), ses solutions présentent une fluorescence violette. Il a été trouvé identique (épreuve du mélange) au dérivé provenant de l'hydrogénation de l'hydrocarbure bleu, il n'en

(¹) Une dimérisation, et *a fortiori* une polymérisation, de la molécule initiale semble devoir être écartée en raison de la tension de vapeur relativement élevée du produit, qui se sublime facilement.

diffère d'après l'analyse élémentaire, que par H^2 en plus, et le redonne intégralement par le chauffage avec la litharge. La même transformation en dérivé bleu se produit, au moins partiellement, par simple chauffage à l'air libre ou dans le camphre fondu.

L'autre hydrocarbure incolore présente deux points de fusion instantanée; le premier vers 245°, avec perte de solvant (une demi-molécule de benzène), le deuxième à 286°-287° (sans solvant), assez soluble dans le benzène (de l'ordre de 3 pour 100, à la température ordinaire) en donnant des solutions fluorescentes violettes. D'après l'analyse élémentaire, il posséderait la composition centésimale des isomères du rubrène, mais la cryoscopie donne pour le poids moléculaire une valeur beaucoup plus faible : 392 (benzène), 446 (camphre), au lieu de 532 valeur théorique fournie par la formule $C^{42}H^{28}$; par contre les résultats trouvés s'accorderaient mieux avec la formule $C^{36}H^{24}$ résultant de la précédente par perte d'un groupement C^6H^5 et son remplacement par H, ce qui en ferait un isomère du déphénylorubrène [1]. Sa transformation en hydrocarbure bleu s'effectue avec un rendement plus faible que dans le cas précédent.

La détermination de la constitution de ces hydrocarbures, qui est en cours d'étude, est particulièrement délicate, notamment en ce qui concerne l'hydrocarbure bleu. En effet, par ses propriétés physiques (point de fusion élevé, faible solubilité) il est difficile à faire entrer en réaction. Il possède également une composition atomique presque exceptionnelle, voisine de 2 atomes de carbone pour 1 d'hydrogène, qui lui donne tout à la fois un caractère fortement non saturé et hautement cyclisé, causes probables de sa profonde coloration. Néanmoins, comme la plupart des hydrocarbures colorés, il est relativement sensible à l'attaque par l'hydrogène naissant, avec production du dérivé incolore correspondant.

CRISTALLOGRAPHIE. — *De l'orientation des cristaux de la série de l'epsomite par le mica.* Note [2] de M. L. **Royer**, transmise par M. Pierre Weiss.

1. La structure de l'epsomite $MgSO^4.7H^2O$ qui cristallise dans l'hémiédrie holoaxe du système orthorhombique a été établie par G. M. Cardoso [3].

(1) Ch. Dufraisse et M. Badoche, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 242.

(2) Séance du 14 mars 1932.

(3) G.-M. Cardoso, *Zeitschr. für Kristallogr.*, 63, 1926, p. 19-33.

Cet auteur attribue à l'epsomite la structure définie par le groupe de recouvrement V^4 (théorie de Schœnflies) avec les paramètres suivants dans les directions [100], [010], [001] : 11,90 Å, 12,01 Å et 6,87 Å.

Il résulte du fait que les paramètres suivant les rangées [100] et [010] sont quasi identiques que l'axe binaire [001] est un axe pseudo-quadratique. Comme d'autre part les rapports 11,90/6,87 et 12,01/6,87 sont très voisins de $\sqrt{3}$, il s'ensuit que les deux autres axes binaires du réseau [100] et [010] sont des axes pseudo-hexagonaux.

Les plans h^1(100) et g^1(010) d'un cristal d'epsomite ont donc des réseaux pseudo-hexagonaux dont les plus petites mailles peuvent être définies par des rectangles qui dans h^1(100) ont des côtés de 6,87 Å et de 12,01 Å et dans g^1 (010) des côtés de 6,87 Å et 11,90 Å. Il existe aussi bien dans le plan h^1 (100) que dans le plan g^1 (010) une maille multiple, double de la maille élémentaire, constituée par un losange de côté 13,74 Å.

On sait d'autre part que le mica possède dans le plan p(001) un réseau pseudo-hexagonal dont la plus petite maille est un losange de côté 5,15 Å environ. On en déduit que dans le plan p(001) du mica le paramètre suivant les trois rangées [120], [310], [150] qui font entre elles un angle de 60° est de 13,63 Å. Il en est d'ailleurs de même pour le paramètre des trois rangées [$1\bar{2}0$], [$3\bar{1}0$], [$1\bar{5}0$] symétriques des premières par rapport au plan de symétrie g^1(010) du mica. La maille losangique de côté 13,63 Å contenue dans le plan p(001) du mica est une maille multiple dont l'aire est égale à 7 fois l'aire de la maille élémentaire.

Cette valeur de 13,63 Å pour le paramètre des rangées [120], [310], [150], [$1\bar{2}0$], [$3\bar{1}0$], [$1\bar{5}0$] du plan p(001) du mica est quasi identique au double du paramètre de la rangée [001] de l'epsomite (13,63 Å et 13,74 Å).

Il y a donc dans les plans h^1(100) et g^1(010) de $MgSO^4.7H^2O$ une maille multiple, double de la maille élémentaire, qui a même forme et mêmes dimensions qu'une maille multiple, septuple de la maille élémentaire du plan p(001) dans le mica.

On peut donc prévoir que des cristaux d'epsomite se déposant sur un clivage frais de mica seront orientés par celui-ci selon la loi suivante :

a. L'un des deux plans h^1(100) ou g^1(010) de l'epsomite coïncidera avec le plan p(001) du mica ;

b. En outre la rangée [001] de l'epsomite aura même direction que l'une des six rangées [120], [310], [150], [$1\bar{2}0$], [$3\bar{1}0$], [$1\bar{5}0$] du mica.

Il en résultera dans chaque cas six orientations différentes du cristal de $MgSO^4.7H^2O$ par le mica, ces six orientations étant symétriques deux à deux par rapport au plan $g^1(010)$ du mica.

C'est bien ce que vérifie l'expérience.

Tous les cristaux de $MgSO^4.7H^2O$ qui se déposent à partir d'une solution concentrée au contact d'un clivage frais de mica sont orientés.

On détermine aisément entre nicols croisés la direction [001] dans les cristaux d'epsomite du fait que cette direction coïncide avec l'une des sections principales du cristal; par ailleurs on trouve sans difficulté au moyen de la figure de choc la direction de [100] dans le mica.

On constate alors que dans les cristaux orientés d'epsomite la rangée [001] fait avec la rangée [100] du mica un angle dont la valeur est toujours ou bien de $\pm 19°6'$ ou de $\pm 40°54'$ ou de $\pm 79°6'$, ce qui démontre bien que la rangée [001] de $MgSO^4.7H^2O$ est parallèle à l'une des six rangées [150], [$1\bar{5}0$], [120], [$1\bar{2}0$], [310], [$3\bar{1}0$].

2. Les conditions sont identiquement les mêmes avec les sels orthorhombiques isomorphes de l'epsomite : la goslarite $ZnSO^4.7H^2O$ et la morénosite $NiSO^4.7H^2O$.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'origine des Gnétales.*

Note (¹) de Mlle **Lucienne George**, présentée par M. L. Blaringhem.

1. *Les Gnétales présentent des restes d'une structure ancestrale médulloséenne.* J'ai observé dans un rameau d'*Ephedra Gerardiana* (Tibet), extérieurement aux dix faisceaux habituels, un premier cercle de huit faisceaux, un deuxième de cinq, tous ces faisceaux externes présentant soit leurs deux bords recourbés vers l'extérieur ou l'intérieur, soit un bord replié vers l'extérieur ou l'intérieur. La moelle cellulosique, ne renferme pas de fibres, mais vis-à-vis les pointements de bois centrifuge du cercle le plus interne, il y a quelques éléments de protoxylème centripète. Il s'agit là d'une *organisation médulloséenne que j'ai pu surprendre dans un seul cas; c'est une organisation en voie de régression, qu'une anomalie a fait réapparaître dans le*

(¹) Séance du 14 mars 1932.

*chaton androgyne d'*E. altissima *observé par Lignier et Tison* (¹). *Les formations anormales que j'ai décrites chez* Gnetum africanum, G. Thoa, G. Swakeanum, G. ula, G. neglectum, *en couches concentriques souvent très nombreuses, sont aussi d'origine ancestrale et représentent, comme la souche du* Welwitschia *avec ses faisceaux en cercles concentriques, une forme dérivée de la structure médulloséenne*, un reste de cette structure en voie de fragmentation et de réduction.

2. *Les Gnétales renferment du protoxylème centripète*, que j'ai observé chez *E. Gerardiana*, dans le rameau à structure médulloséenne. Chez *Ephedra Equisetina* (Altaï), j'avais vu (²) souvent, dans les tiges jeunes, vis-à-vis les pôles de différenciation ligneux, des éléments lignifiés simulant un bois centripète, mais qui, en coupe longitudinale, se montraient formés de cellules isodiamétriques à parois lignifiées. Ayant par la suite effectué de très nombreuses coupes dans cet *Ephedra*, j'ai pu observer une fois, vis-à-vis chaque pointement de protoxylène centrifuge, du *protoxylème centripète* (vaisseaux annelés et spiralés), *ce qui permet de surprendre chez cette espèce la régression du bois centripète.*

Gnetum ula (Agalhatti), dans le dernier entre-nœud d'un rameau long contenant vingt faisceaux a montré cinq groupes de vaisseaux annelés et spiralés vis-à-vis cinq pôles centrifuges, dans la zone periphérique lignifiée de la moelle.

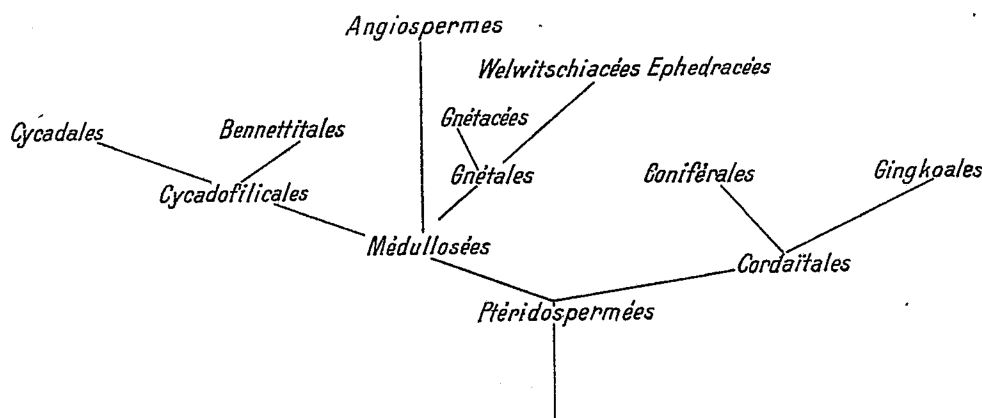
D'autre part, dans les feuilles primordiales de mes semis d'*Ephedra campyloda* et *E. altissima*, le bois centrifuge des deux faisceaux foliaires diminue de l'extrémité proximale vers l'extrémité distale jusqu'à disparition complète, en même temps qu'apparaissent des *trachéides de transfusion en direction centripète*; la pointe de ces feuilles ne comporte plus que de ces trachéides centripètes au milieu d'un parenchyme homogène. Dans les feuilles âgées de deux ans de ces mêmes semis, les éléments de transfusion sont beaucoup moins nombreux. Il y a donc régression du tissu de transfusion au cours de la vie de la plante, ce qui permet de penser que le *tissu de transfusion des feuilles des formes en possédant encore* (sections *Alatæ*, *Pseudobaccatæ*, *Antisyphiliticæ*) *dérive phylogénétiquement du bois centripète des Cycadofilicales, de même que les trachéides de transfusion des feuilles du* Welwitschia *et des* Gnetum (que j'ai observées chez *G. cuspidatum*).

(¹) O. Lignier et A. Tison, *La structure médulloséenne chez les* Ephedra (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, 63, 1916, p. 47).

(²) L. George, *Contribution à l'étude des Gnétales* (*Thèse*, Paris, 1930).

3. *Les Gnétales dérivent de la base du rameau Cycadofilical.* — La constatation de la structure médulloséenne en voie de régression, la présence de bois centripète dans les trois genres de Gnétales actuelles permettent de les rattacher à la base des Cycadofilicales, d'où est vraisemblablement sortie l'angiospermie. On retrouve des traces d'organisation médulloséenne chez les Nyctaginées, les Saules, les Peupliers.

4. *Les Gnétales sont des Angiospermes primitives en voie de régression*, les derniers représentants d'un rameau parti de la base du tronc angiospermique. Ce sont les caractères anatomiques des tiges et des feuilles qui se sont modifiés le plus lentement, de sorte que si les fleurs sont nettement angiospermes (¹) l'appareil végétatif a gardé plus longtemps une structure ancestrale gymnospermique (persistance de structure médulloséenne et de protoxylème centripète). Les Gnétacées, qui sont les plus évoluées, ont perdu davantage de leurs caractères ancestraux; elles présentent des caractères dicotylédoniens et par la structure de leur tige se rapprochent des Cupulifères (²). Les Éphédracées et Welwitschiacées ont conservé un plus grand nombre de caractères gymnospermiques provenant de la souche commune ptéridospermale. D'où le schéma :



(¹) O. Lignier et A. Tison, *Les Gnétales sont des Angiospermes apétales* (*Comptes rendus* 152, 1911, p. 201).

(²) L. George, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1451.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'action de la radioactivité sur la germination des bulbes*. Note [1] de M. **D. Montet**, présentée par M. M. Molliard.

Pour l'étude de l'action des faibles radioactivités sur le développement des Oignons à fleurs, nous nous sommes adressé à l'eau chargée *artificiellement* d'émanation d'une part, à l'oxyde *noir* d'uranium *pur* (U^2O^5) d'autre part [2].

Les plantes en expérience ont été la *Jacinthe* et la *Tulipe*. Nous avons étudié en premier lieu l'action *continue* de l'*émanation* du radium sur la Jacinthe, en donnant tous les quatre jours aux bulbes un nombre croissant d'unités Mache, avec un émanateur vérifié au laboratoire de Mme Curie, fournissant 5000 unités Mache par litre.

Nous avons donné, par bulbe, respectivement : 0, 50, 125, 250 et 500 unités Mache, soit 18,2 — 45,5 — 91 et 182 millimicrocuries, [3], en arrosant avec 10,25, 50 et 100$^{cm^3}$ de l'eau de l'émanateur. On complétait à 100 avec de l'eau non radioactive.

Avec cinq bulbes de même poids, triés parmi 200 bulbes, d'une variété de *Jacinthe violette hâtive*, le 22e jour apparaît la pousse du bulbe ayant reçu 250 Mache par quatre jours.

A ce stade, les pots avaient reçu les quantités suivantes d'émanation.

	Unités Mache.	Millimicrocuries.
Témoin	0	0
1	300	109
2	625	227
3	1250	454
4	3000	1092

Le 24e jour apparaissait la pousse n° 4, ayant reçu 3000 Mache; le 33e jour, la pousse n° 2; le 38e jour, la pousse n° 1. Le témoin apparaissait le 41e jour.

---

(1) Séance du 7 mars 1932.

(2) Voir aussi : *De l'influence des faibles radioactivités sur la germination* (*Bulletin de la Société de Biologie*, Section de Lille, 109, 1932, p. 126).

(3) Le coefficient de passage de l'unité Mache au millimicrocurie est 0,364.

Dans la suite le pot le plus activé prenait de l'avance sur le pot à 250 Mache/4 jours : l'activation présente un certain *retard*, que nous avons d'ailleurs constaté dans d'autres expérimentations.

Après 106 jours de végétation, le pot n° 1 avait reçu 26 doses, les pots 2, 3, 4, 27 doses et donnaient une courbe de hauteurs croissantes :

Unités Mache.	Millimicrocuries.	Hauteurs de pousses.
0	0	3,5 cm
1300	473,2	3,9
3375	1228,5	4,5
6750	2457	7,6
13500	4914	9,2

Après 144 jours de végétation, nous avions avec la radioactivité croissante, les hauteurs et les poids secs suivants :

Unités Mache.	Millimicrocuries.	Hauteurs.	Poids secs.
0	0	13 cm	3,52 g
1800	655,2	17	3,71
4500	1638	21	4,35
9000	3276	25	4,87
18000	6552	27	5,73

L'expérience sur *Tulipe* a été conduite en mélangeant, a 1500g de terre, les quantités suivantes d'oxyde d'uranium :

Pot témoin.	U^2O^5.	Pot témoin.	U^2O^5.
2	0,01 g	7	3 g
3	0,2	8	4
4	0,5	9	5
5	0,1	10	10
6	2		

Dès le 89e jour de végétation, on notait la courbe de hauteurs suivantes : témoin, 19mm; 0,2U, 27mm; 0,5U, 43mm; 2U, 38mm; 5U, 14mm; 10U, 11mm. Nous obtenions par la suite un optimum très net pour le pot à 0,5U.

Pour les deux plantes, la radioactivité permettait d'obtenir un feuillage plus développé et plus verdoyant, des fleurs plus grosses et de tons plus vifs.

La radioactivité semble, après une *période de latence* au début de la végétation, présenter dans la suite une action intéressante dans le développement des plantes à réserves [1].

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un hétéroside extrait du Laurier de Portugal*, Cerasus lusitanica *Lois*. Note de MM. **H. Hérissey** et **J. Laforest**.

Au cours d'essais divers, dont les premiers remontent au mois d'avril 1929, l'un de nous (H.H.), utilisant la méthode biochimique de recherche des hétérosides dédoublables par l'émulsine, a constaté la présence, dans les rameaux feuillus de Laurier de Portugal, d'un composé se rattachant à ce groupe de principes immédiats, très lentement hydrolysable par le ferment mentionné. Cet hétéroside, qui ne nous paraît pas avoir été déjà décrit et pour lequel nous proposons le nom de *lusitanicoside*, n'a pu être extrait, à l'état cristallisé et pur, qu'après de nombreux tâtonnements, il y a seulement quelques mois. Actuellement, nous usons d'une technique [2] qui nous en rend possible la préparation régulière et que nous utilisons présentement en vue de l'obtention d'une quantité de lusitanicoside suffisante pour nous permettre l'étude chimique complète de ce composé.

Le lusitanicoside cristallisé dans l'éther acétique et séché à l'air se

---

[1] Cf., pour l'action de la radioactivité sur les réserves des graines en germination, D. Montet, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 305, ligne 8.

[2] Cette technique, dont tous les détails trouveront place au cours d'un Mémoire qui paraîtra dans un autre Recueil, consiste essentiellement à préparer tout d'abord un extrait alcoolique de la plante, qu'on reprend par l'eau; la colature aqueuse est additionnée successivement, dans des proportions déterminées, de sous-acétate de plomb liquide, de sulfate de sodium anhydre et de carbonate de calcium. On obtient ainsi une pâte liquide, qui se prend peu à peu en masse. Le produit, complètement séché à l'air après pulvérisation, est traité à reflux par de l'éther acétique légèrement hydraté. Les liqueurs éthéroacétiques, convenablement concentrées et amorcées, donnent directement un produit cristallisé, à peu près incolore. Deux recristallisations dans l'éther acétique contenant environ $0^{g},20$ d'eau pour 100^{cm^3} le fournissent complètement pur.

Des recherches encore inédites nous ont montré que la technique qui vient d'être décrite peut être largement généralisée en vue de l'obtention rapide, à l'état pur, de nombreux hétérosides végétaux. — H. H.

présente, au microscope, sous forme de longues aiguilles incolores plus ou moins feutrées. Il est combustible sans résidu. Chauffé à l'étuve à eau bouillante, il ne perd sensiblement pas de poids. Il est inodore; sa saveur est légèrement amère. Il fond en tube capillaire à 187-188°. Il est très soluble dans l'eau, assez soluble dans l'alcool à 95°, peu soluble dans l'éther acétique froid, insoluble dans l'éther.

Le pouvoir rotatoire déterminé, en solution aqueuse, sur un produit cristallisé trois fois dans l'éther acétique et séché complètement à l'air a été trouvé :

$$[\alpha]_D = -74°,69 \quad (v = 25^{cm^3},\ l = 2,\ p = 0^g,9984,\ \alpha = -5°58').$$

Le lusitanicoside ne contient pas d'azote.

Hydrolyse par les acides. — Les acides minéraux, dilués et bouillants, hydrolysent assez rapidement le lusitanicoside.

On a maintenu dans l'eau bouillante, pendant 3 heures 30 minutes, en tube scellé 20^{cm^3} d'une solution aqueuse contenant, pour 100^{cm^3}, $2^g,50$ d'acide sulfurique et $1^g,9968$ de lusitanicoside. La liqueur devenue fortement aromatique s'est troublée par refroidissement; après filtration, elle a fourni un liquide incolore, limpide, dextrogyre ($\alpha = +1°$, $l = 2$), contenant, pour 100^{cm^3}, $1^g,4862$ de produit réducteur, exprimé en glucose, soit 74,4 pour 100 d'hétéroside.

Remarquons que la rotation observée ne s'accorde pas avec l'hypothèse de la seule présence du glucose *d* dans la liqueur d'hydrolyse, qui donnerait $\alpha = +1°33'$ ($l = 2$).

Hydrolyse par les ferments. — Le *lusitanicoside* est hydrolysé par l'*émulsine* des amandes avec une lenteur extrême. Il en est autrement lorsqu'on utilise comme agent de dédoublement une *poudre fermentaire* obtenue par épuisement, à l'alcool froid, de feuilles de Laurier du Portugal.

On a fait agir, à la température du laboratoire, $0^g,40$ de cette poudre sur 40^{cm^3} d'une solution aqueuse contenant, pour 100^{cm^3}, $1^g,9946$ de lusitanicoside; la liqueur s'est rapidement troublée, en même temps qu'elle dégageait une odeur nettement plus agréable que celle observée au cours de l'hydrolyse sulfurique. Après cinq jours, l'action du ferment paraissait terminée. On a trouvé alors pour 100^{cm^3}, $0^g,7920$ de matière réductrice exprimée en glucose, soit 39,7 pour 100 d'hétéroside primitif; la rotation était $-8'$ ($l = 2$).

Les résultats différents des hydrolyses acide et fermentaire peuvent s'interpréter ainsi : dans le lusitanicoside, à côté d'un aglycone odorant,

— auquel des essais spéciaux nous permettent d'attribuer un caractère phénolique, — existerait un *holoside* non dédoublable par la poudre fermentaire, mais hydrolysable en *oses* par les acides. Parmi ces oses, ne semblent pas figurer de pentoses, car ni la solution d'hétéroside, ni les liqueurs d'hydrolyse ne nous ont fourni, avec l'orcine chlorhydrique, la réaction colorée, caractéristique de ces derniers.

Nous poursuivons l'étude du lusitanicoside et de ses produits de dédoublement.

PHYSIOLOGIE. — *Utilisation des forces électromotrices d'induction pour l'enregistrement des variations de vitesse des liquides conducteurs : un nouvel hémodromographe sans palette dans le sang.* Note de M. **Philippe Fabre**, présentée par M. A. d'Arsonval.

Les hémodromographes actuels enregistrent les variations de vitesse du sang dans les artères par les déviations d'une palette élastique balayée par le liquide circulant.

Sur ce principe utilisé par Chauveau, nous avons expérimenté il y a quelques années un hémodromographe électrique [1] dans lequel les déplacements de la palette n'étaient plus extériorisés par une liaison mécanique comme dans l'appareil de Chauveau.

Nous présentons aujourd'hui un hémodromographe fondé sur un principe différent, applicable du reste à la mesure des variations de vitesse de tout liquide conducteur dans des tubes isolants. Le bénéfice de l'enregistrement électrique à distance subsiste et de plus nous parvenons à éliminer la palette mobile qui modifie toujours plus ou moins la vitesse même que l'on désire mesurer.

Nous mettons en œuvre les forces électromotrices d'induction développées au sein de tout liquide conducteur en mouvement rapide dans un champ magnétique intense.

Le dispositif est d'une grande simplicité; une petite canule en verre du diamètre de l'artère s'abouche aux deux bouts sectionnés de celle-ci. Elle

---

[1] *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1321.

porte deux électrodes latérales en relation avec un amplificateur à lampes sensible au 1/10000e de volt (²).

On la dispose au voisinage immédiat d'un pôle d'électro-aimant puissant ou mieux dans l'entrefer de celui-ci. Le mouvement du liquide conducteur détermine dans la canule un champ électrique d'induction perpendiculaire aux lignes de forces du champ magnétique et à la direction de la canule.

Les électrodes sont disposées dans l'axe de ce champ électrique de façon qu'il existe entre elles le maximum de différence de potentiel.

Une précaution s'est révélée indispensable : il faut empêcher le liquide de balayer les électrodes-sondes métalliques. Ce n'est point seulement à cause des perturbations qu'elles créent dans le mouvement du liquide, mais surtout en vue d'éviter un phénomène présentant peut-être de l'intérêt en lui-même mais fâcheux ici. Le frottement du liquide sur les électrodes de platine modifie en effet les couches de polarisation et fait naître des f. é. m. parasites. On évite le balayage des électrodes en perçant la canule de deux orifices capillaires diamétralement opposés. Ceux-ci communiquent avec deux tubes soudés à la canule qui présente ainsi deux bras latéraux. L'un et l'autre bras se relient à l'électrode correspondante par un tube en caoutchouc. Chaque électrode est constituée par un entonnoir de verre dont l'ajutage comporte un robinet et, en aval de celui-ci, un diverticule où pénètre par soudure un fil de platine. Avant usage les électrodes sont complètement remplies de liquide que maintient en place la pression atmosphérique quand le robinet a été fermé.

Notre expérimentation a porté jusqu'ici sur des schémas de circulation; nous avons obtenu des variations dans l'intensité des courants oscillographiques de l'ordre de plusieurs milliampères pour les vitesses de circulation usuelles.

Nous utilisions notre amplificateur à oscillographes industriels (2) et un champ très puissant fourni par un gros électro-aimant excité sous 10 ampères.

Le procédé nous paraît applicable sur le vivant sans intervention sanglante. On dispose le segment de membre dans l'entrefer et deux petites électrodes humides sur les régions latérales du membre.

Les f. é. m. engendrées sont beaucoup plus faibles, car le champ électrique d'induction n'agit plus en son lieu d'origine, mais à travers le milieu conducteur périartériel.

(¹) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 257 et *Journal de Radiologie et Électrologie*, 34, XI, novembre 1930, p. 577.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur quelques propriétés physiologiques de la nériine et des autres principes immédiats du Laurier-Rose.* Note de MM. **H. Simonnet** et **G. Tanret**, présentée par M. A. Desgrez.

Le Laurier-Rose (*Nerium Oleander*, Apocynées) est connu depuis longtemps pour ses propriétés toxiques : son action cardiaque, signalée dès 1866 par Pélikan, a fait l'objet de quelques travaux, portant en général sur l'extrait hydro-alcoolique total de la plante. Nous avons déjà examiné les principales caractéristiques de quelques composants des feuilles, pris chacun séparément, et, plus spécialement de la nériine (nérioside), isolée primitivement par Schmiedeberg (1882), et qui, soluble dans l'eau, est le glucoside le plus abondant et le plus important de l'*Oleander* (1).

Nériine. — *Toxicité.* — Injectée à la grenouille rousse, la nériine amène la mort, le ventricule contracté en systole, à la dose de 2^{mg} pour 100^{g} d'animal (septembre) : si l'on appelle unité-grenouille (U. G.) le poids d'animal tué en 4 heures par 1^{g} de produit, on trouve que 1^{g} de nériine contient 50.000 U. G. (toxicité 40 fois plus faible que celle de l'ouabaïne). A la même époque de l'année, la toxicité est deux fois et demie plus faible pour la grenouille verte, 150 à 175 fois pour le crapaud.

Comme tous les rongeurs, résistants aux poisons cardiaques, la souris supporte des doses élevées et ne succombe en 12 heures que pour des doses de 9 à 10^{mg} pour 100^{g} d'animal (toxicité 7 fois plus faible que pour l'ouabaïne).

Beaucoup plus précise et facile à étudier est la toxicité chez le chien qui, par voie veineuse, est tué en 1 à 2 heures par la dose de $0^{mg},85$ par kilogramme (toxicité 5 à 6 fois plus faible que pour l'ouabaïne). Vomissements précoces, évacuations alvines, ralentissement et ampleur très grande des mouvements respiratoires, puis prostration, diminution de la sensibilité, respiration superficielle, cœur rapide et fibrillant, convulsions, soit les symptômes principaux de l'empoisonnement. L'injection intraveineuse quotidienne de $0^{mg},3$ par kilogramme fait mourir un animal en 12 jours. La recherche toxicologique, chez un chien ayant succombé à l'injection de 1^{mg}

(1) G. Tanret, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 914.

par kilogramme, a permis de retrouver le glucoside dans le cœur, le foie, les muscles et l'urine.

Action cardio-vasculaire. — Elle se manifeste à partir de $0^{mg},1$ par kilogramme (injection intraveineuse), se traduisant aux doses moyennes par l'augmentation de l'amplitude cardiaque qui peut être décuplée, et par le ralentissement du rythme qui peut diminuer des deux tiers. Comme pour la digitale, l'augmentation de la pression est faible, suivie pour les doses subtoxiques d'une baisse accentuée. Aux doses fortes, le cœur devient petit, fibrillant, tandis que la pression baisse de plus en plus.

Cette action cardiaque s'exerce en grande partie par l'intermédiaire du pneumogastrique : on ne la retrouve plus chez un animal à vague coupé, ou paralysé par l'atropine. On la retrouve, aux doses près, quand on fait ingérer la nériine par voie gastrique.

Action sur la respiration. — Aux doses moyennes, dix minutes environ après l'injection, se manifeste un ralentissement marqué des mouvements respiratoires accompagné par l'augmentation de leur amplitude. Aux doses fortes ou subtoxiques, ce stade est suivi par une période d'accélération de la respiration, avec augmentation extrême des mouvements respiratoires. Ces phénomènes ne se retrouvent pas chez le chien atropiné.

Action sur la diurèse. — L'injection intraveineuse de nériine s'accompagne d'une action diurétique surtout marquée pour les doses moyennes ($0^{mg},25$ par kilogramme), la diurèse, en ce cas, passant en une heure de 1 à 1,67 ou 2,48, avec un maximum de 2,07 à 3,20 pour les 20 premières minutes. C'est là une action directe, due à l'action propre du glucoside, car, peu après son injection, l'augmentation de la pression est très faible et, lorsque cette phase passagère est passée, la diurèse continue encore tandis que le volume du rein ne subit pas d'augmentation.

Action sur le tube gastro-intestinal. — La nériine, comme la plupart des poisons cardiaques, excite le centre bulbaire du vomissement et, chez le chien non anesthésié, son action eméto-cathartique attire tout spécialement l'attention dès qu'on dépasse la dose (intraveineuse) de $0^{mg},25$ par kilogramme. Les évacuations alvines ne sont alors pas rares. L'intoxication chronique s'accompagne d'hémorragies gastro-intestinales étendues. Les vomissements ne se produisent pas chez le chien chloralosé ou atropiné.

Action sur les fibres lisses. — Comme les autres médicaments cardiaques, la nériine a une action contracturante sur les fibres lisses : on l'a mesurée sur l'intestin de lapin et sur l'utérus de cobaye, l'intestin suspendu dans le

liquide de Tyrode commençant à se contracter pour des dilutions de nériine à 1/50.000^e, tandis que, pour la corne utérine de cobaye vierge, la contracture débute à celle de 1/750.000^e. Par suite d'une fixation partielle du glucoside, le muscle utérin ne répond pas aux excitations ultérieures avec la même intensité que pour les excitations primitives.

GLUCOSIDE D'AUTOMNE. — Ce dernier, produit d'oxydation et d'hydratation partielles de la nériine primitive, est un peu moins actif que le glucoside d'été à $[\alpha]_n = -32°,5$, la dose toxique chez le chien (voie intraveineuse) n'étant que de 1^{mg},2 par kilogramme. Aux doses près, et avec une intensité légèrement plus faible, on retrouve avec lui les mêmes phénomènes que pour la nériine primitive.

NÉRIGÉNINE. — Comme la digitoxigénine dérivée de la digitoxine, et à l'inverse des génines dérivées de la gitaline et de la bigitaline, la nérigénine possède une activité physiologique très grande. Avec la nérigénine obtenue par hydrolyse sulfurique, la dose toxique (intraveineuse) chez le chien est de 1^{mg},1 par kilogramme. Aux doses moyennes elle provoque, comme ne le fait pas la nériine, une hausse de pression accentuée et persistante : les phénomènes cardiaques sont particulièrement accentués.

OLÉANDRINE BRUTE. — L'oléandrine (oléandroside, par voie veineuse, tue le chien à la dose de 1^{mg} par kilogramme. Aux doses moyennes, elle amène une hausse de pression plus marquée et plus prolongée que la nériine : elle agit surtout sur l'amplitude des contractions cardiaques, le ralentissement du rythme étant peu marqué. Son action sur la diurèse est faible.

Conclusions. — Les glucosides du Laurier-Rose se classent donc parmi les glucosides cardiaques. Le plus intéressant, comme aussi le plus abondant, est la nériine (nérioside), soluble dans l'eau, qui à une faible action sur la hausse de pression joint une action cardiaque nette et prolongée, doublée d'une action diurétique marquée, et dont le seuil d'intolérance se signale par l'apparition de phénomènes gastro-intestinaux. Si son emploi devait dépasser l'expérimentation sur les animaux, ses préparations exigeraient un contrôle physiologique préalable, nécessité par le caractère amorphe du glucoside et son mélange possible avec des produits secondaires, un peu moins actifs, formés au cours de la végétation.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Etude de l'extraction des lipides du sérum sanguin par l'éther en présence d'alcool.* Note de MM. **A. Machebœuf** et **G. Sandor**, présentée par M. Calmette.

On sait que, pour extraire les lipides de la matière vivante, il est nécessaire de faire agir simultanément l'alcool et l'éther. L'éther agissant seul est, en effet, incapable d'opérer cette extraction. Hardy et Gardiner [1], puis Joung [2], ont montré que le mélange alcool-éther peut extraire à froid la presque totalité des lipides du sérum sanguin. Nous avons pensé qu'une étude détaillée de ce phénomène pouvait fournir quelques renseignements sur l'état physicochimique des lipides du sérum.

Nous avons utilisé le sérum de cheval, et nous avons étudié l'influence sur l'extraction des lipides des divers facteurs suivants : 1° concentration en alcool; 2° quantité d'éther; 3° durée du contact entre l'éther et le sérum alcoolisé.

I. *Influence de la concentration en alcool.* — Nous avons préalablement vérifié que l'addition progressive d'alcool à du sérum ne produit aucun louche ni aucun précipité tant que la concentration en alcool reste inférieure à 20 pour 100.

Nous avons ensuite placé dans une série d'entonnoirs à séparation 25$^{cm^3}$ d'un même sérum, puis, dans chacun des entonnoirs, nous avons versé 25$^{cm^3}$ d'éther préalablement additionnés d'un volume d'alcool à 96° variant de 0 à 6$^{cm^3}$. Nous avons agité modérément, puis laissé le tout au repos pendant 6 heures à la température ordinaire. La phase éthérée surnageante fut ensuite séparée, l'éther fut évaporé et le résidu pesé après dessiccation.

Sérum du cheval n° 1 dont 25$^{cm^3}$ contenaient 156^{mg} de lipides :

I.........	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	5
II........	1,5	1,6	2,2	3,2	74,7	74	75	25,3	42,5
III.......	limp.	limp.	limp.	*laiteuse*	limp.	limp.	limp.	*louche*	*laiteuse*

I, Volumes d'alcool ajoutés (cm³); II, Lipides extraits (mg); III, Aspect de la phase hydro-alcoolique.

---

[1] Hardy et Gardiner, *Proc. Physiol. Soc. Journ. Physiol.*, 40, 1910, p. 68.
[2] E. G. Joung, *Proc. of the Roy. Soc.*, 93, 1922, p. 15.

Il existe donc une zone optimale de concentration en alcool. De part et d'autre de cette zone se manifeste une chute très brusque de la quantité de lipides extraits. Le phénomène présente une grande netteté : en présence de 2^{cm^3} d'alcool, l'éther extrait 23 fois plus de lipides qu'en présence de $1^{cm^3},5$ d'alcool. Si l'on ajoute plus de 2^{cm^3} d'alcool, la quantité de lipides extraits demeure constante jusqu'à une certaine teneur en alcool au delà de laquelle se manifeste une chute très brusque du pouvoir extractif de l'éther.

Le mélange contenant $1^{cm^3},5$ d'alcool pour 25^{cm^3} de sérum, dont l'éther n'extrait que des traces de lipides, est fortement opalescent, presque laiteux, tandis que les mélanges situés de part et d'autre sont limpides. Il existe donc un point singulier très net dans la courbe représentative de la transparence du système et ce point correspond à la teneur en alcool immédiatement inférieure à l'optimum. On ne peut pas attribuer cette opalescence à une dénaturation des protéides par l'alcool dont la concentration est 6 pour 100 car pour des teneurs bien supérieures en alcool, 12 pour 100 par exemple, il ne se manifeste aucune opalescence. La viscosité de la phase hydro-alcoolique lactescente est d'ailleurs intermédiaire entre celles des phases homologues des tubes voisins de part et d'autre.

Une deuxième zone d'opalescence se manifeste lorsque la concentration en alcool atteint et dépasse 14 pour 100, mais il s'agit là d'un phénomène différent, car la viscosité est très élevée et s'élève de plus en plus lorsque la teneur en alcool croît. Il semble que l'on puisse rapporter l'opalescence pour les concentrations en alcool supérieures à 14 pour 100 à un début de dénaturation des protéides.

II. *Influence de la quantité d'éther.* — Nous avons constaté que la quantité de lipides extraite ne dépend pas du volume d'éther ; il ne s'agit donc pas d'un simple phénomène de partage, mais d'un phénomène plus complexe que règle seulement la concentration de l'alcool.

III. *Influence de la durée du contact entre l'éther et le sérum alcoolisé.* — Nous avons placé dans une série d'entonnoirs à décantation un même volume de sérum (20^{cm^3}), un même volume d'éther (20^{cm^3}) et un même volume d'alcool (2^{cm^3}) correspondant à l'optimum. Nous avons agité modérément chacun des mélanges toutes les 10 minutes et nous avons séparé l'éther après des temps variables pour mesurer la quantité de lipides extraite.

Sérum du cheval n° 2 (dont 20^{cm^3} contenaient 160^{mg} de lipides).

Durée du contact de l'éther.	15 m.	30 m.	45 m.	1 h. 8 m.	1 h. 30 m.	4 h.	48 h.
Lipides extraits par l'éther-mg...	3,6	4,2	4,7	17,5	64,5	64	66

Ces résultats sont assez surprenants; pendant une première heure l'éther n'extrait que des traces de lipides, puis, dans les 30 minutes suivantes, l'éther extrait des quantités très importantes de lipides. La limite est alors atteinte, l'éther n'extrait plus rien. L'allure de la courbe est assez comparable à celle d'une courbe représentant l'évolution d'une réaction autocatalytique dont la vitesse très lente au début s'accroîtrait ensuite très rapidement. Nous avons reproduit cette expérience, et les résultats furent toujours de même ordre pour le sérum de cheval : après un temps préparatoire, pendant lequel l'éther n'extrait que de faibles quantités de lipides, la vitesse augmente et tout ce qui doit être extrait l'est alors rapidement. Le temps préparatoire s'est montré variable d'un cheval à l'autre; nous avons trouvé un sérum de cheval pour lequel la limite d'extraction n'était atteinte qu'après 6 heures 30 minutes. Nous devons noter que certains des sérums que nous avons étudiés n'étaient pas normaux car ils provenaient de chevaux ayant déjà subi de nombreuses et abondantes saignées.

Si l'on soustrait le sérum alcoolisé à l'influence de l'éther un peu avant que la limite d'extraction soit atteinte, les lipides qui auraient été extraits ultérieurement se séparent malgré l'élimination de la phase éthérée et viennent se rassembler en gouttelettes à la surface.

Nous avons reproduit ces expériences avec des sérums humains et des sérums de lapins ou de moutons; les résultats ont été comparables dans l'ensemble, mais il existe des différences en ce qui concerne les concentrations optimales en alcool, les zones d'opalescence et les proportions de lipides extraits par rapport aux lipides totaux des sérums.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'oxygénation sur certaines propriétés physico-chimiques de l'hémocyanine d'Escargot.* Note de M. **Jean Roche**, présentée par M. A. Desgrez.

Au cours de recherches antérieures, j'ai observé que les hémocyanines de Poulpe, de Limule, d'Escargot ([1]) présentent des propriétés physico-chimiques voisines, mais néanmoins assez différentes pour imprimer à chacune un caractère propre. Ces pigments, représentants divers d'un même type de chromoprotéide, possèdent une fonction acide ([2]) dont la constante de dissociation apparente (pK) est voisine de la neutralité. Tel est également le cas des hémoglobines, où la valeur du pK de cette fonction est commandée par le degré d'oxygénation du pigment : pK = 6,6 pour l'oxyhémoglobine et 8,2 pour l'hémoglobine (Murray, Hastings, Sendroy et Heidelberger). C'est d'ailleurs dans ce dernier fait que réside la cause principale du rôle de tampon joué par le pigment sanguin des vertébrés supérieurs au cours du cycle respiratoire (Henderson, van Slyke). La mise en liberté par l'hémoglobine au niveau des tissus des bases fixées par l'oxyhémoglobine durant la traversée du poumon n'est possible que grâce à cette variation de pK, déterminée par la mise en liberté de l'oxygène.

J'ai recherché si la fonction acide des hémocyanines dont le pK est voisin de 7,0 présentait aussi des modifications de sa dissociation en rapport avec l'oxygénation. S'il en était ainsi, l'existence d'une fonction douée de cette propriété pourrait être tenue pour un caractère général des protéines respiratoires.

La valeur de la constante de dissociation apparente de la fonction acide étudiée a été déterminée en établissant, à l'aide de l'électrode d'antimoine montée en différentiel (Vlès et Vellinger), des courbes de neutralisation du pigment. J'ai utilisé de l'hémocyanine cristallisée par la méthode de Dhéré ou purifiée par une dialyse prolongée à 0°, provenant d'un même lot d'Escargots. Les diverses préparations présentaient des caractères physico-

---

([1]) J. Roche, *Arch. Phys. Biol.*, 7, 1930, 207-220; et *C. R. Soc. Biol.*, 107, 1932, p. 1146.

([2]) Ou, ce qui revient au même, un groupe de fonctions acides de pK voisins.

chimiques identiques (solubilité, point isoélectrique, fixation des acides et des bases aux divers pH) aux erreurs d'expérience près. L'agitation au contact d'oxygène, d'une part, et un barbotage prolongé d'hydrogène, d'autre part, ont permis d'obtenir des solutions d'oxyhémocyanine et d'hémocyanine. Les courbes de neutralisation ont été établies dans une électrode du type Vlès-Vellinger, dont la partie réservée à la titration était soigneusement protégée contre la pénétration de l'air et traversée par un courant gazeux, d'oxygène dans le cas de l'oxyhémocyanine, d'hydrogène dans celui du pigment réduit.

Les résultats obtenus présentent, d'une expérience à l'autre, une concordance satisfaisante; ils permettent de tirer les conclusions suivantes :

Alors que l'oxyhémocyanine et l'hémocyanine ne présentent pas de différence, accessible au moyen d'étude mis en œuvre, dans la dissociation de leurs fonctions basiques ($pK = 3,2$) ni de leurs fonctions acides de $pK = 10,5$ et 8,6, il n'en est pas de même de celle dont la constante est voisine de 7. Les valeurs moyennes de son pK sont : 7,05 pour l'oxyhémocyanine et 7,60 pour l'hémocyanine. Cette variation du pK sous la dépendance de l'oxygénation est moins marquée que celle observée avec les hémoglobines, mais elle s'opère dans le même sens. Elle doit donc avoir un effet identique sur la fixation des bases par l'un ou par l'autre pigment, au cours du cycle respiratoire.

Malgré les différences profondes qui séparent leur composition et leurs propriétés physico-chimiques, les hémoglobines et les hémocyanines ont donc un caractère commun. Celui-ci tient à la partie protéique de leur molécule : en effet, la fonction acide étudiée dans ce travail est présente dans les globines et dans les hémocyanines privées de cuivre par action des acides (1,3). Aussi est-il permis de penser qu'il doit exister, dans les uns et les autres pigments, un complexe protidique, de constitution voisine, qui sert de support aux propriétés communes, particulières à ces pigments. Les fonctions acides dont le pK, proche de 7,0, est variable dans de notables limites suivant l'oxygénation du milieu, doivent appartenir à cette fraction de la molécule dont elles sont jusqu'ici la seule caractéristique connue : on peut, à ce titre, considérer leur existence comme spécifique des protéines respiratoires.

---

(1) J. Roche, *Comptes rendus Lab. Carlsberg*, 18, 1930, p. 1-34.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Identité, à Dakar, de* Spirochæta duttoni *var.* crociduræ *et du Spirochète infectant dans la nature* Ornithodorus erraticus. Note de MM. **C. Mathis** et **C. Durieux**, présentée par M. F. Mesnil.

On sait, à la suite des travaux de A. Leger, de M. Leger et des nôtres, qu'il existe, à Dakar, une spirochétose récurrente humaine, sévissant sporadiquement, et dont le réservoir de virus est constitué par de petits mammifères (rats et musaraigne). On sait aussi que l'agent de cette spirochétose est un parasite qui s'identifie avec *Sp. duttoni* et que, de ce fait, le nom de *Sp. crociduræ* a du être changé en celui de *Sp. duttoni* var. *crociduræ*.

Les recherches de Ch. Nicolle et de ses collaborateurs, poursuivies à l'Institut Pasteur de Tunis, parallèlement aux nôtres, ont établi également l'identité du virus dakarois et du virus de la tick fever.

Mais alors qu'il est reconnu depuis longtemps qu'*Ornithodorus moubata* est l'agent de transmission à l'homme de cette dernière maladie, on se demandait quel pouvait être l'ectoparasite responsable de la transmission à l'homme du virus dakarois. Les investigations faites pour trouver des Ornithodores à Dakar avaient été vaines pendant plusieurs années, lorsque l'un de nous ([1]) fut assez heureux pour découvrir, en juillet dernier, dans le sous-sol d'une maison de l'île de Gorée, où s'étaient déclarés plusieurs cas de spirochétose récurrente, la tique qu'il fallait incriminer. C'était *Ornithodorus erraticus* vel *marocanus*, comme l'a reconnu Colas-Belcour.

Par la suite, cette tique fut retrouvée en divers points de Dakar et de sa banlieue dans des terriers d'habitations où s'étaient produits des cas de spirochétose récurrente humaine.

A la suite de ces constatations, il était permis de supposer qu'*Ornithodorus erraticus* jouait le rôle d'agent transmetteur de la spirochétose récurrente dakaroise. Mais il fallait en apporter la confirmation expérimentale.

Comme l'un de nous l'a déjà indiqué, les tiques récoltées à Gorée étaient infectées et infectantes au stade nymphal. En effet, une vingtaine de nymphes furent placées sur deux souris grises qui présentèrent toutes deux, au cinquième jour, des spirochètes dans leur sang. Ces parasites purent

([1]) C. Durieux, *Bull. Soc. Path. exot.*, 26, 1932, p. 13.

ensuite être entretenus très aisément par passages de souris à souris, ce qui indiquait qu'ils appartenaient au groupe de *Sp. duttoni*, car il fut constaté, en outre, qu'on ne pouvait les inoculer que très difficilement au cobaye. On ne pouvait, par suite, les rattacher au groupe de *Sp. hispanicum* dont on connaît le fort pouvoir pathogène pour le cobaye.

Pour identifier plus complètement le virus récurrent de la tique, il restait à faire les expériences d'immunité croisée. A cet effet, nous disposions des souches suivantes : souche de la tique que nous avons appelée souche *erraticus*, une souche humaine, isolée d'un malade habitant la maison où avaient été découvertes les tiques. A cette souche, nous avons donné le nom de souche *Boufflers*. Enfin nous avions les deux souches entretenues au laboratoire, la souche *musaraigne*, isolée en janvier 1926 et la souche *Laprade*, isolée en décembre de la même année, d'un cas humain.

Nous avons donc commencé par inoculer ces diverses souches à des souris grises et 3 à 4 mois après nous les avons éprouvées en leur injectant les souches homologues et hétérologues.

Pour apprécier le degré d'immunité conférée, nous avons étudié comparativement l'évolution de l'infection sanguine chez les animaux éprouvés et chez les animaux témoins.

D'une façon générale, les animaux éprouvés n'ont fourni qu'un nombre très faible d'examens positifs, alors que tous les témoins ont fait une infection sanguine très marquée et souvent mortelle; sur 45 témoins, 14 sont morts avec de nombreux parasites dans le sang. Sur 45 animaux éprouvés, 2 sont morts en cours d'expériences, sans que l'on puisse incriminer le virus d'être la cause de la mort.

Nous disons donc que l'immunité est *complète* quand l'examen quotidien du sang pratiqué de 15 à 18 jours a été constamment négatif; que l'immunité est *incomplète* lorsque l'examen du sang pratiqué, durant le même laps de temps, n'a révélé que rarement la présence de spirochètes et le plus souvent en très petit nombre.

Le détail des expériences sera donné ultérieurement. Nous résumerons ici les résultats des expériences d'immunité croisée.

L'immunité conférée par la souche *erraticus* contre elle-même a été complète pour 3 souris sur 3, contre *Boufflers*, complète pour 2 souris sur 3, très marquée pour la troisième, contre *Laprade* très nette pour 3 souris sur 3, contre *musaraigne*, complète pour 1 souris sur 4, très manifeste pour les trois autres.

L'immunité contre la souche *erraticus* par la souche *musaraigne* a été très nette pour 5 souris sur 5, par la souche *Laprade* également incomplète mais manifeste.

L'immunité conférée par la souche *Boufflers* contre elle-même a été complète pour 2 souris sur 3, très nette pour la troisième, contre *erraticus*, *Laprade* et *musaraigne*, très marquée.

L'immunité conférée contre la souche *Boufflers* par la souche *musaraigne* et par la souche *Laprade* a été complète pour les 10 souris éprouvées, 5 pour chacune des souches.

On peut donc conclure qu'*Ornithodorus erraticus* est l'agent de transmission de la spirochétose sanguine dakaroise.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de février 1932.

The Biology of Spiders with especial Reference to the Danish Fauna, par E. Nielsen. Copenhague, Levin et Munskgaard, 1932; 2 vol. 26^{cm}.

Les Polytechniciens à l'Institut, par M. Maurice d'Ocagne, in *Journal de l'École Polytechnique*, 2e série, cahier no 29, p. 55 à 86; 1 fasc. 28^{cm},5.

Congreso internacional de Oceanografia, Hidrografia marina e Hidrologia continental. Sevilla, 1-7 mayo, 1929. Tome I. Madrid, Graficas Reunidas, 1930; 1 vol. 27^{cm}.

Cartographical News. In *Bulletin of the State Institute of Geodesy and Cartography*, fasc. 1. Léningrad, Goskartogeodesia, 1931; 1 fasc. 29^{cm}. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

The Signatures in the First Journal-Book and the Charter-Book of the Royal Society being a Facsimile of the signatures of the Founders Patrons and Fellows of the Society From the year 1660 Down to the Present Time. London, Printed for the Royal Society, 1912; 1 vol. 46^{cm}.

Benjamin Franklin : Tome I, *Bourgeois d'Amérique*; Tome II, *Citoyen du monde*; Tome III, *Bibliographie et étude sur les sources historiques relatives à sa vie*, par Bernard Faÿ. Paris, Calmann-Lévy, 1929; 3 vol. 19^{cm},5.

Le nivellement général de la France de 1878 à 1926, par Ch. Lallemand et E. Prévot. *Exposé préliminaire. Procès-verbaux de la Commission centrale, de la Sous-Commission d'études et du Comité d'exécution. Documents administratifs. Comptes rendus des travaux du service.* Paris, Imprimerie Nationale, 1927; 1 vol. 32^{cm}.

Sulphur Bacteria, a Monograph, par David Ellis. London, Longmans, Green and Co, 1932; 1 vol. 23^{cm}.

Le risque de l'air, par Roger Prochasson. Paris, Pierre Bossuet, s. d.; 1 vol. 25^{cm}.

Petrolul Studiu fizic, chimic, geologic, technologic și economic, par Emil Severin. Bucarest, Imprimeria Nationala, 1932; 1 vol. 24^{cm},5. (Présenté par M. C. Matignon.)

Traité de Chimie minérale :

— Tome II : *Soufre. Sélénium. Tellure. Industrie de l'acide sulfurique et de l'oléum*, par P. Baud, A. Conduché, A. Damiens, P. Germain, P. Mondain-Monval, P. Pascal.

— Tome III : *Azote. Phosphore. Arsenic. Industries de l'azote*, par P. Baud, R. Dubrisay, J. Lavaux, P. Pascal. Paris, Masson et Cie, 1932; 2 vol. 26^{cm}.

Catalogues raisonnés de la Faune entomologique du Congo belge : Hemiptera.

Fam *Reduvidæ* (1[re] Partie), par H. SCHOUTEDEN. In *Annales du Musée du Congo belge : Zoologie*. Série III, Section II, Tome 1, Fasc. 2. Bruxelles, Falk fils, 1931; 1 fasc. 37[cm].

Calculs et artifices de Relativité, par GUSTAVE BESSIÈRE. Paris, Dunod, 1932; 1 fasc. 20[cm].

Les vieux arbres de la Normandie. Étude botanico-historique, par HENRI GADEAU DE KERVILLE. Fasc. V. Extrait du *Bulletin de la Société des Amis des Sciences naturelles de Rouen*. Années 1928 et 1929. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1930; 1 vol. 25[cm].

ERRATA.

(Séance du 22 février 1932.)

Note de M. *Pierre Girard* et M[me] *L. Guastalla*, Au sujet de l'électrophorèse des milieux biologiques :

Page 747, ligne 13, *au lieu de* la valeur de η, *lire* la valeur de ε; ligne 24, *au lieu de* 3 pour 1000, *lire* 8 pour 1000.

Page 748, ligne 26, *au lieu de* s la section, *lire* S la section.

(Séance du 29 février 1932.)

Note de MM. *E. Cornec* et *H. Krombach*, Méthode physique pour le dosage du chlorure de potassium dans les sylvinites :

Page 785, ligne 12, *au lieu de* saturée de ClNa et de 10[g] de sylvinite, *lire* saturée de ClNa et 10[g] de sylvinite; ligne 30, *au lieu de* différence entre ce nombre et ceux obtenus, *lire* différence entre ces nombres et ceux obtenus.

(Séance du 7 mars 1932.)

Note de M. *M. de Broglie*, A propos des expériences citées par M. Perrin :

Page 880, ligne 13, *au lieu de* chambre de 1[cm] d'où une, *lire* chambre de 1[cm] d'air une.

Note de MM. *T. Nanty* et *M. Valet*, Pouvoir inducteur spécifique des solutions colloïdales :

Page 883, ligne 1, *au lieu de* $\Delta C/i$, *lire* $\Delta i/i$.
Page 884, ligne 1, *supprimer* noir diamine.

Note de MM. *L. Bert* et *E. Andor*, Sur un nouveau type de composé acétylénique vrai : le phénoxypropine :

Page 887, en note, *au lieu de* $C^6H^6.O.CH^2.CHBr=CH^2$,
lire $C^6H^5.O.CH^2.CBr=CH^2$.

Note de M. *G. Tanret*, Sur les Glucosides des feuilles de Laurier-Rose :

Page 916, ligne 27, *au lieu* de nérioloside, *lire* nérioside.

(Séance du 14 mars 1932.)

Note de MM. *R. Freymann* et *S. Takvorian*, Spectres d'absorption des terres rares dans le proche infrarouge :

Page 963, ligne 8, *au lieu de* $\pm 5^{\circ}$, *lire* ± 5 Å.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 29 MARS 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** dépose sur le bureau le tome XIII, IIe série, des *Œuvres complètes d'Augustin Cauchy*.

M. **CHARLES RICHET** fait hommage à l'Académie d'un livre qu'il vient d'écrire : *L'avenir et la prémonition* (édition Montaigne, Paris, 1932). On trouvera dans cet Ouvrage une centaine de faits rigoureusement établis, où il y a eu prémonition sans qu'il soit rationnel d'attribuer au hasard ces prémonitions extraordinaires.

M. Charles Richet se contente d'exposer les faits sans oser conclure à une théorie quelconque.

M. **A. CALMETTE** fait hommage à l'Académie d'une Notice intitulée *Robert Koch. Le cinquantième anniversaire de la découverte du Bacille tuberculeux*.

M. **AUG. LAMEERE** fait hommage à l'Académie du tome III, fascicule I, de son *Précis de Zoologie : Les Mollusques*.

CORRESPONDANCE.

Le **Président** et les **Questeurs du Sénat** font savoir qu'une plaque sera placée sur le petit Luxembourg, rappelant que Sadi Carnot y est né le 1er juin 1796, et prient l'Académie de s'associer à cette manifestation, dont la date sera fixée ultérieurement.

M. **George Hale** adresse à l'Académie l'expression de ses sentiments de condoléances à l'occasion du décès du général *G. Ferrié*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Eugène Osty et Marcel Osty. *Les Pouvoirs Inconnus de l'Esprit sur la Matière. Premières Étapes d'une Recherche.* (Présenté par M. Ch. Richet.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Nouvelles invariances intégrales attachées aux équations différentielles contenant plusieurs paramètres.* Note (1) de M. **A. Buhl.**

Les considérations d'une Note précédente (2) peuvent s'étendre à l'hyperespace et aux équations différentielles à plusieurs paramètres.

La formule de Green ordinaire, de E_3, peut devenir, dans E_4,

$$\iint_\sigma (A\alpha^* + B\beta^* + C\gamma^*)\,d\sigma = \iiint_\tau \left(\frac{\partial U}{\partial A} + \frac{\partial V}{\partial B} + \frac{\partial W}{\partial C}\right) \begin{vmatrix} \alpha & \beta & \gamma & \delta \\ A_x & A_y & A_z & A_t \\ B_x & B_y & B_z & B_t \\ C_x & C_y & C_z & C_t \end{vmatrix} d\tau.$$

C'est encore là une *formule stokienne pour espaces à canaux*, les canaux se définissant comme ceux de E_3 dans la Note précitée.

Imaginons que A, B, C soient homogènes d'ordre zéro. D'après le

(1) Séance du 21 mars 1932.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 822.

théorème d'Euler, le déterminant du quatrième ordre pourra s'écrire

$$\frac{\alpha x+\beta y+\gamma z+\delta t}{x}\begin{vmatrix} A_y & A_z & A_t \\ B_y & B_z & B_t \\ C_y & C_z & C_t \end{vmatrix}=(\alpha x+\beta y+\gamma z+\delta t)\Psi(x, y, z, t)$$

avec Ψ homogène d'ordre -4. Soit $\Lambda(A, B, C)$ la divergence qui figure, entre parenthèses, dans l'intégrale triple.

Soit T une variété intersectée par les canaux comme τ. Plus précisément, T et τ sont *projections canales* l'une de l'autre, la projection canale étant maintenant *conique*.

L'équation de T sera $f(X, Y, Z, T)=1$ avec f homogène d'ordre un. On a

$$(1)\quad \Lambda(A, B, C)(\alpha x+\beta y+\gamma z+\delta t)\Psi\,d\tau=\frac{\Lambda(A, B, C)}{\Theta(X, Y, Z, T)}\Psi\frac{f}{f_T}\Theta\,dX\,dY\,dZ.$$

Ces deux membres représentent tous deux $\Lambda\,dA\,dB\,dC$ en deux points différents (x, y, z, t) et (X, Y, Z, T) d'un *même* canal. C'est la raison de l'égalité.

Posons maintenant, de façon plus précise,

$$A=\frac{T}{X},\qquad B=\frac{Y}{X},\qquad C=\frac{Z}{X};\qquad \Psi=\frac{1}{X^4}$$

et aussi

$$f=T\lambda\left(\frac{T}{X}, \frac{Y}{X}, \frac{Z}{X}\right),\qquad f_T=(A\lambda)_A.$$

Sur toute variété $f=1$,

$$(2)\qquad \frac{\Psi(X, Y, Z, T)}{\Theta\left(\frac{X}{f}, \frac{Y}{f}, \frac{Z}{f}, \frac{T}{f}\right)}\frac{f}{f_T}=\frac{(A\lambda)^4}{(A\lambda)_A f^3}\,\frac{1}{\Theta\left(\frac{1}{A\lambda}, \frac{B}{A\lambda}, \frac{C}{A\lambda}, \frac{1}{\lambda}\right)}.$$

Le dernier membre, soit $\Delta(f, A, B, C)$, devient $\Delta(1, A, B, C)$ sur T et, si l'on prend

$$\Lambda(A, B, C)=\frac{1}{\Delta(1, A, B, C)},$$

on obtient, d'après (1) et (2),

$$\iiint_T \Theta\,dX\,dY\,dZ=\iiint_\tau \Theta\left(\frac{x}{t\lambda}, \frac{y}{t\lambda}, \frac{z}{t\lambda}, \frac{t}{t\lambda}\right)\frac{(A\lambda)_A}{t^4\lambda^4}(\alpha x+\beta y+\gamma z+\delta t)\,d\tau.$$

L'intégrale triple du second membre est stokienne; il faut y lire partout x, y, z, t.

Or, d'après le second membre de (2), l'intégrale triple en $\Theta\, dX\, dY\, dZ$ conservera la représentation obtenue et sa valeur, pour d'autres cloisons, d'équation $f = T\mu = 1$, si

$$(3)\qquad \frac{1}{(A\mu)^4}\frac{\partial(A\mu)}{\partial A}\Theta\left(\frac{1}{A\mu}, \frac{B}{A\mu}, \frac{C}{A\mu}, \frac{1}{\mu}\right) = \frac{1}{(A\lambda)^4}\frac{\partial(A\lambda)}{\partial A}\Theta\left(\frac{1}{A\lambda}, \frac{B}{A\lambda}, \frac{C}{A\lambda}, \frac{1}{\lambda}\right).$$

Toutes ces cloisons, dans E_4, sont en perspective conique de point de vue O.

L'équation (3) est de la forme

$$\frac{\partial(A\mu)}{\partial A}\Phi(A, A\mu, B, C) = \frac{\partial(A\lambda)}{\partial A}\Phi(A, A\lambda, B, C),$$

ou, plus simplement,

$$(4)\qquad \frac{dM}{dA}\Phi(A, M, B, C) = \frac{dN}{dA}\Phi(A, N, B, C).$$

C'est là une équation différentielle ordinaire contenant deux paramètres, B et C, et mise sous une forme mettant en évidence la solution particulière $M = N$.

Étant donnée une équation (4), *on peut toujours la mettre sous la forme* (3) *et remonter de là, dans un* E_4 *d'origine* O, *à une famille de variétés correspondant à l'intégrale générale de* (4), *famille sur laquelle un hypercône quelconque, de sommet* O, *découpe une infinité de cloisons* T *pour lesquelles l'intégrale triple précédente, en* $\Theta\, dX\, dY\, dZ$, *est invariante.*

Ce résultat et le résultat correspondant de la précédente Note semblent maintenant pouvoir être généralisés sans peine. A une équation différentielle ordinaire du premier ordre, contenant n paramètres indépendants, on pourrait faire correspondre, dans un espace à $n + 2$ dimensions, des cloisons à $n + 1$ dimensions et en perspective hyperconique, cloisons sur lesquelles des intégrales, d'ordre de multiplicité $n + 1$, seraient invariantes.

ASTROPHYSIQUE. — *A propos de l'énergie de la matière.* Note [1] de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les divers problèmes qui se rattachent à l'anéantissement de la matière nécessitent une connaissance très précise de la grandeur de l'énergie associée aux particules qui la composent [2].

---

[1] Séance du 21 mars 1932.

[2] *A propos des systèmes binaires* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1063).

Il est bien connu que l'électromagnétisme classique conduit à deux relations. L'une donne l'énergie W du champ électrostatique d'une particule, en fonction de sa charge e et de son rayon ρ,

$$W = \frac{e^2}{2\rho};$$

l'autre fournit l'expression, à l'aide des mêmes paramètres, du produit de la masse au repos m_0 par le carré de la vitesse de la lumière c :

$$m_0 c^2 = \frac{2}{3}\frac{e^2}{\rho}. \tag{1}$$

On sait également qu'une importante lacune a apparu dans la conception physique des particules : il a semblé que la différence entre les deux valeurs indiquées ci-dessus, soit $1/6 e^2/\rho$, ne pouvait être comblée que de façon arbitraire.

Dans le système cosmologique que nous avons proposé, nous avons donné une définition très complète des particules. Ce sont de petites hypersphères pleines, de rayon R, maintenues en contact élastique avec l'éther; ce contact s'établit suivant une calotte hypersphérique de rayon ρ et de demi-angle au centre ρ/R, très petit d'ailleurs.

Soit x la densité de l'énergie dans la calotte de contact; l'énergie totale associée à la particule vaut

$$\varepsilon = \frac{e^2}{2\rho} + \frac{4}{3}\pi\rho^3 x.$$

Déplaçons légèrement cette particule de sa position d'équilibre; ρ varie de $d\rho$ et ε devient :

$$\begin{aligned}\varepsilon + d\varepsilon &= \frac{e^2}{2(\rho + d\rho)} + \frac{4}{3}\pi(\rho + d\rho)^3 x \\ &= \frac{e^2}{2\rho} + \frac{4}{3}\pi\rho^3 x + \left(-\frac{e^2}{2\rho^2} + 4\pi\rho^2 x\right)d\rho + \left(\frac{e^2}{2\rho^3} + 4\pi\rho x\right)d\rho^2 + \ldots;\end{aligned}$$

Or, la position initiale correspondant par hypothèse à l'équilibre, le terme du premier ordre est nul. Donc

$$x = \frac{e^2}{8\pi\rho^4},$$

et il vient immédiatement :

$$\begin{aligned}\varepsilon + d\varepsilon &= \frac{e^2}{2\rho} + \frac{1}{6}\frac{e^2}{\rho} + \left(\frac{e^2}{2\rho^3} + \frac{e^2}{2\rho^3}\right)d\rho^2 + \ldots \\ &= \frac{2}{3}\frac{e^2}{\rho} + \frac{e^2}{\rho^3}d\rho^2 + \ldots.\end{aligned}$$

Ainsi l'énergie totale au repos est bien égale à $m_0c^2 = 2/3\, e^2/\rho$, mais nous apprenons encore que la densité de l'énergie dans la calotte est égale à la densité de l'énergie électrostatique à la surface de la particule, et nous obtenons également l'expression de l'énergie potentielle lors de l'oscillation de celle-ci au voisinage de sa position d'équilibre :

$$\frac{e^2}{\rho^3}\, d\rho^2.$$

Soit f la force qui s'exerce entre l'éther extérieur et celui de la calotte quand la particule est légèrement déplacée de cette position. Le seul mouvement possible ne pouvant s'opérer que parallèlement à l'axe du système particule éther, la force qui agit dans cette dernière direction vaut $f\rho/\mathrm{R}$, et celle qui opère effectivement, entre l'éther extérieur et celui de la calotte, se trouve finalement réduite à $f(\rho/\mathrm{R})^2$. Quand la particule oscille, tout se passe donc comme si sa masse était multipliée par $(\mathrm{R}/\rho)^2 = k^2$.

Soit τ_0 la période propre de l'oscillation. Écrivons que, au moment du passage dans la position d'équilibre, l'énergie cinétique est égale à l'énergie potentielle calculée plus haut :

$$\frac{1}{2}\,\frac{2}{3}\,\frac{e^2k^2}{\rho c^2}\,\frac{4\pi^2}{\tau_0^2}\,d\rho^2 = \frac{e^2}{\rho^3}\,d\rho^2,$$

d'où :

$$\frac{c\tau_0}{2\pi\rho} = \frac{k}{\sqrt{3}} \qquad \text{ou} \qquad c\tau_0 = \frac{2\pi\mathrm{R}}{\sqrt{3}}.$$

En tenant compte de l'expression de la constante de Planck

$$h = m_0c^2\tau_0 = m_0c\,\frac{2\pi\mathrm{R}}{\sqrt{3}},$$

on peut encore écrire

$$\frac{hc}{2\pi\rho m_0c^2} = \frac{k}{\sqrt{3}},$$

ou, en utilisant la relation (1),

$$\frac{hc}{2\pi e^2} = \frac{2}{3}\,\frac{k}{\sqrt{3}}.$$

Le premier membre n'est autre que l'inverse de la constante de structure fine v_1/c, dont nous obtenons ainsi l'interprétation physique.

Dans nos travaux précédents, nous avons montré que $(c/v_1)^2$ était égal au produit de deux nombres entiers; ces nombres étant effectivement 49 et 383, le rapport c/v_1 vaut exactement :

$$\frac{c}{v_1} = \sqrt{49 \times 383} = 136{,}993.$$

Ce résultat permet de départager MM. W. N. Bond et R. T. Birge qui, en partant des résultats expérimentaux (W. N. BOND, *Phil. Mag.*, 12, sept. 1931, p. 632; R. T. BIRGE, *Am. Phys. Soc. Berkeley Meeting*, déc. 1931), ont proposé respectivement :

$$137,017 \pm 0,059 \quad \text{et} \quad 137,28 \pm 0,07.$$

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les phénomènes de démultiplication de fréquence en radiotechnique.* Note (¹) de MM. **NICOLAS KRYLOFF** et **NICOLAS BOGOLIŬBOFF**, présentée par M. Hadamard.

En étudiant par nos méthodes la résonance de la démultiplication, nous avons obtenu les résultats suivants : dans le voisinage immédiat de $\overset{*}{\omega} = \alpha/2$, la partie variable du courant dans le circuit oscillant sera de la forme

$$(1) \qquad I(t) = P\sin\alpha t + F_1\{(2\omega - \alpha)t\}\sin\omega t + F_2\{(2\omega - \alpha)t\}\cos\omega t,$$

où

$$\omega^2 = \frac{\alpha^2}{4} + \Omega, \qquad \rho = \frac{E}{\overset{*}{\omega}{}^2 - \alpha^2} \sim -\frac{4}{3\alpha^2}E,$$

et où $F_1(u)$, $F_2(u)$ sont les intégrales périodiques du système

$$(2) \qquad \begin{cases} -2\Omega\dfrac{dF_1}{du} + \left\{\dfrac{\alpha^2}{4} - \overset{*}{\omega}{}^2 + \Omega\right\}F_2 + \varepsilon A(u, F_1, F_2) = 0, \\ +2\Omega\dfrac{dF_2}{du} + \left\{\dfrac{\alpha^2}{4} - \overset{*}{\omega}{}^2 + \Omega\right\}F_1 + \varepsilon B(u, F_1, F_2) = 0, \end{cases}$$

avec

$$A(u, F_1, F_2) = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f\left\{\alpha P\cos(2x - u) + \frac{\alpha}{2}F_1\cos x - \frac{\alpha}{2}F_2\sin x\right\}\cos x\,dx,$$

$$B(u, F_1, F_2) = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f\left\{\alpha P\cos(2x - u) + \frac{\alpha}{2}F_1\cos x - \frac{\alpha}{2}F_1\sin x\right\}\sin x\,dx.$$

L'étude du système (2), en sa dépendance du paramètre $\alpha^2/4 - \overset{*}{\omega}{}^2$, prouve que s'il existe une telle solution du système

$$(3) \qquad \begin{cases} A(0, -N\sin\varphi, N\cos\varphi)\sin\varphi + B(0, -N\sin\varphi, N\cos\varphi)\cos\varphi = 0, \\ \left(\dfrac{\alpha^2}{4} - \overset{*}{\omega}{}^2\right)N + \varepsilon A(0, -N\sin\varphi, N\cos\varphi)\cos\varphi \\ \qquad - \varepsilon B(0, -N\sin\varphi, N\cos\varphi)\sin\varphi = 0, \end{cases}$$

(¹) Séance du 22 février 1932.

pour laquelle

$$(4) \qquad \int_0^{2\pi} f'\left\{\frac{2\alpha P\cos 2x - N\alpha\sin(x+\varphi)}{2}\right\}dx > 0,$$

alors il existe une zone silencieuse provoquée par la disparition des battements et, dans cette zone, on aura

$$I(t) = P\sin\alpha t + N\cos\left(\frac{\alpha}{2}t + \varphi\right).$$

La condition de résolubilité des équations du système (3) (réalité de N et φ) détermine la largeur de la zone susdite et la condition (4) donne le criterium de stabilité des régimes oscillatoires obtenus (il existe en général plusieurs régimes). Pour la concrétisation des résultats, nous avons fait les calculs pour le cas de la fonction de M. van der Pol et nous avons constaté : 1° pour $(\alpha P\gamma)^2 \geqq 2$ il existe une zone de résonance dont les frontières se déterminent par l'égalité

$$(5) \qquad \overset{*}{\omega}{}^2 = \frac{\alpha^2}{4} \pm \frac{\alpha\overset{*}{\omega}\varepsilon}{4}\sqrt{(A\alpha P)^2 - [(\alpha\gamma P)^2 - 2]^2}$$

si toutefois la condition suivante

$$(6) \qquad (\alpha P\gamma)^2 \leqq \left[\left|\frac{A}{2\gamma}\right| + \sqrt{2 + \left|\frac{A}{2\gamma}\right|^2}\right]$$

est remplie. A l'intérieur de cette zone, le régime de démultiplication est stable et les amplitudes et les phases se déterminent respectivement par les formules

$$(7) \quad \alpha\gamma N = 2^{1,5}\sqrt{2 + A\alpha P\sqrt{1 - \left(\frac{\alpha^2 - 4\overset{*}{\omega}{}^2}{\varepsilon\overset{*}{\omega}\alpha^2 AP}\right)^2} - (\alpha P\gamma)^2}, \qquad \sin 2\varphi = \frac{\alpha^2 - 4\overset{*}{\omega}{}^2}{\varepsilon\overset{*}{\omega}\alpha^2 AP},$$

où φ doit être pris tel que $\cos 2\varphi < 0$. Outre ce régime de démultiplication, existe aussi le régime forcé stable (sans démultiplication) $I(t) = P\sin\alpha t$, qui sera le seul possible à l'extérieur de la zone susdite ou partout, si cette zone n'existe pas, c'est-à-dire si la condition (6) n'est pas remplie. Ceci prouve entre autres que, *pour les forces extérieures suffisamment grandes, le phénomène de la démultiplication ne se produit pas*. La condition 1° n'est autre chose que la condition de réalisation de l'entraînement des oscillations propres vers la fréquence α; cependant, même dans ce cas, comme nous l'avons vu tout à l'heure, la démultiplication stable de la fréquence à l'intérieur d'une certaine zone est possible si la condition (6) est remplie.

2° Pour $(\alpha P\gamma)^2 \leqq 2$ le régime de démultiplication exprimé par les formules (7) est possible et stable dans la zone

$$\overset{*}{\omega}{}^2 = \frac{\alpha^2}{4} \pm \left(\frac{\alpha\overset{*}{\omega}}{2}\right)^2 \varepsilon \frac{AP}{\overset{*}{\omega}}, \tag{8}$$

laquelle existe même pour les petites valeurs de P, ce qui prouve entre autre l'absence de la frontière de l'entraînement aussi vers $\alpha/2$.

Remarquons à présent qu'au moyen de la formule (3) de notre première Communication on peut démontrer que le régime quasi périodique donné par la formule (2) de la même Note *n'est possible qu'à l'extérieur de la zone*

$$\overset{*}{\omega}{}^2 = \frac{d^2}{4} \pm \frac{\varepsilon}{2\overset{*}{\omega}B}\sqrt{\sum_m \frac{(2m+1)f_{2m+1,m}^2 + (2m-1)f_{2m+1,m}^2}{m}}.$$

En calculant les valeurs $f_{i,x}$ pour la fonction de van der Pol on s'assure que ça sera précisément la zone (8), ce qui démontre que *la disparition des battements à l'intérieur de cette zone* non seulement est possible, mais *sûrement aura lieu.*

Ceci constitue un fait curieux montrant d'ailleurs que dans ce genre des questions on ne peut pas se borner à l'étude seulement des solutions périodiques. Outre le régime étudié à l'intérieur de la zone peut avoir lieu aussi un autre régime pour lequel

$$\alpha\gamma N = 2^{1,5}\sqrt{2 - A\alpha P\sqrt{1 - \left(\frac{\alpha^2 - 4\overset{*}{\omega}{}^2}{\varepsilon\overset{*}{\omega}\alpha^2 AP}\right)^2} - (\alpha P\gamma)^2},$$

et qui sera stable si

$$(\alpha P\gamma)^2 \leqq \left[\sqrt{2 + \left|\frac{A}{\gamma}\right|^2} - \left|\frac{A}{\gamma}\right|\right]. \tag{9}$$

Si (9) n'est pas remplie alors le régime susdit ne sera stable qu'à l'extérieur d'une autre zone

$$\overset{*}{\omega}{}^2 = \frac{\alpha^2}{4} \pm \frac{\alpha\overset{*}{\omega}\varepsilon}{4}\sqrt{(A\alpha P)^2 - \left[1 - \frac{1}{2}(\alpha P\gamma)^2\right]^2}$$

contenue dans la première. Remarquons que les résultats analogues s'obtiennent pour les autres formes adoptées pour la fonction $f(V)$ et par nos méthodes on peut aussi étudier les résonances ultérieures, telles que $\overset{*}{\omega} \sim n/m\alpha$.

Les méthodes par lesquelles nous sommes arrivé aux résultats contenus dans ces Notes se trouvent applicables et efficaces, comme nous nous en sommes assuré au cours de nos recherches, dans bien d'autres questions (par exemple oscillations des machines synchrones, stabilité longitudinale des avions, etc.) et de Chapitres de la Physique mathématique moderne (Mécanique quantique) et peuvent ouvrir la voie, ce nous semble, à la création de la Mécanique générale non linéaire.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un mode particulier d'activation de la matière.* Note de M. G. **Reboul**, présentée par M. A. Cotton.

Quelques corps soumis à l'action d'une cellule semi-conductrice deviennent capables d'agir sur la plaque photographique et conservent cette propriété pendant plusieurs jours; ils se comportent comme si, par un mécanisme analogue à celui de la phosphorescence, ils émettaient un rayonnement très absorbable ([1]). La cause de cette activation se trouve liée à une singularité des cellules semi-conductrices.

I. Quand une cellule fonctionne, elle émet un rayonnement ionisant dont nous avons antérieurement indiqué la nature; en outre il en émane un gaz qui est capable d'impressionner la plaque photographique.

1° On aspire les gaz qui se trouvent dans le voisinage de l'électrode grille d'une cellule en fonctionnement, et on les fait passer dans un récipient contenant une plaque photographique dont une partie est protégée par une mince pellicule de cellophane. Après développement on constate que la plaque est impressionnée, la partie protégée l'étant naturellement moins que sa voisine.

Cette activité photographique n'est pas due à un gaz provenant de l'atmosphère environnante car elle devient de moins en moins nette à mesure que se prolonge le fonctionnement de la cellule; d'ailleurs la suppression de cette atmosphère ne supprime pas cet effet particulier.

2° Dans un récipient où une pompe maintient un vide cathodique, sont disposées une cellule et une plaque photographique protégée en partie par une pellicule de cellophane; la plaque est placée en dehors du trajet suivi par le rayonnement direct de la cellule quand celle-ci fonctionne. Après plusieurs heures de fonctionnement, on constate que la plaque sensible est

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 602.

impressionnée, la partie protégée moins que sa voisine mais d'une manière fort nette. D'après la disposition de l'expérience, cette impression ne peut être due qu'aux gaz émanés de la cellule qui sont venus en regard de la plaque sensible.

3° Si, dans l'expérience 1, on augmente progressivement la distance qu'ont à parcourir les gaz émanés de la cellule pour venir dans le récipient où se trouve la plaque photographique, on constate que leur activité s'affaiblit de plus en plus à mesure que le chemin parcouru par ces gaz augmente.

Tout se passe comme si les gaz émanés de la cellule n'étaient pas en équilibre électrique et n'y revenaient qu'avec une lenteur relative. Ce retour à l'équilibre serait accompagné d'une émission de radiations très absorbables capables d'impressionner la plaque sensible (1).

L'effet ionisant de ces dernières radiations, déterminé à l'électroscope, est très faible et ne peut expliquer l'ionisation relativement intense que l'on observe dans le voisinage de l'électrode grille de la cellule.

II. Ces gaz actifs émanés de la cellule ont la propriété de communiquer leur activité à d'autres corps.

1° L'activité que nous avons signalée comme acquise par quelques corps préalablement soumis à l'action d'une cellule est simplement due à l'action de ces gaz. Leur activation se produit même quand ces corps sont placés à plusieurs centimètres de la cellule, les gaz émanés de celle-ci venant, par diffusion, faire sentir leur effet à des distances notables.

2° On aspire les gaz qui se trouvent dans le voisinage de l'électrode grille d'une cellule, et on les fait passer dans un récipient où se trouve le corps à activer, une feuille de papier par exemple. Au bout d'une demi-heure de fonctionnement le papier est devenu photographiquement actif.

Si l'on augmente progressivement la distance qu'ont à parcourir les gaz émanés de la cellule pour venir dans le récipient où se trouve la feuille, on constate que l'activité acquise par celle-ci, dans des conditions identiques, est de plus en plus faible.

3° Seules les parties superficielles du corps activé participent à l'action sur la plaque sensible, et toute circonstance augmentant la surface active

---

(1) L'existence de ces gaz photographiquement actifs, émanant de cellules semi-conductrices, a été déjà signalée par M. Balinkin (*Philos. Magaz.*, 7e série, 2, 1931, p. 285).

accroît l'impression photographique. Si l'on trace sur une feuille de papier, avant ou après son activation, des rayures ou des coupures, elles se révèlent particulièrement actives et ressortent très nettement sur les clichés.

On peut utiliser avantageusement cette augmentation de l'effet par des rayures ou des coupures pour mettre en évidence le passage du rayonnement émis par les corps actifs, à travers des pellicules de celluloïd ou de minces lames de mica.

RADIOCHIMIE. — *Propriétés photovoltaïques du sulfure de cadmium.* Note [1] de M. **René Audubert** et Mlle **Cécile Stora**, présentée par M. Jean Perrin.

I. Lorsqu'on électrolyse une solution de sulfure alcalin au moyen d'une anode de cadmium, on obtient sur celle-ci un dépôt adhérent de sulfure de cadmium. Une telle électrode présente une sensibilité photovoltaïque élevée. Le photopotentiel est généralement négatif. L'étude de l'influence des divers électrolytes à différentes concentrations (KCl, SO^4K^2, SO^4Na^2, NaOH, SO^4H^2, SO^4Cd, $CdCl^2$, Na^2S, $B^4O^7Na^2$, BO^3Na, HCO^2Na, $S^2O^3Na^2$, KI) montre que le photopotentiel négatif est particulièrement élevé dans les solutions oxydantes; il est faible et même peut être inversé dans les solutions réductrices.

En outre, l'effet est extrêmement petit dans les solutions contenant des ions $[Cd^{++}]$; par contre, il est élevé dans les solutions de sulfures alcalins; comme il croît, pour les concentrations moyennes, avec la concentration de la solution, on peut, en regardant, en première approximation, le produit de solubilité comme constant, en déduire que le photopotentiel est lié à l'activité des ions $[Cd^{++}]$, c'est-à-dire que l'électrode fonctionne comme une électrode à cadmium.

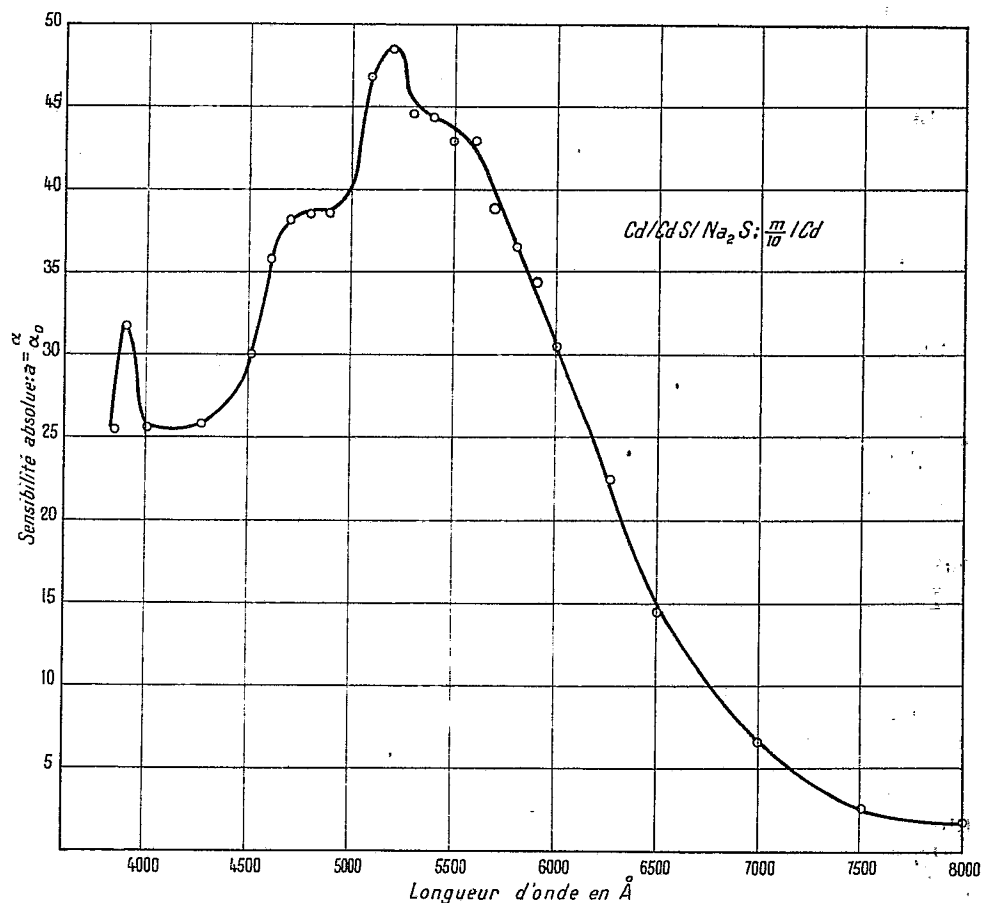
Enfin une augmentation du pH entraîne un accroissement du photopotentiel, une diminution du pH abaisse celui-ci et peut même produire une inversion de l'effet. Mais, dans tous les cas, le photopotentiel positif est très faible.

On constate que les propriétés de l'électrode sont les mêmes, que la couche de sulfure soit faible ou épaisse, ce qui élimine l'hypothèse d'un

[1] Séance du 14 mars 1932.

processus photo-électronique dans la couche sous-jacente, à la limite de séparation du sulfure et du cadmium, jouant un rôle essentiel.

Tous ces résultats montrent que l'effet photovoltaïque obtenu avec le sulfure de cadmium obéit aux règles formulées par l'un de nous ([1]) concernant l'influence des électrolytes sur les phénomènes photovoltaïques. Il y a donc tout lieu de penser que cette électrode rentre dans le cadre des actions



photolytiques générales; l'action primaire de la lumière provoquant probablement, par transfert d'énergie de la substance photosensible à l'eau une photolyse de cette dernière, dont les produits de dissociation intervien-

([1]) René Audubert, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 82.

draient sur l'équilibre d'oxydation-réduction déterminant le potentiel de l'électrode.

II. L'étude de la sensibilité à l'égard des diverses radiations comprises entre 8000 et 3800 Å a été faite en utilisant comme source un arc à charbon alimenté par du courant continu, dont le rayonnement était condensé sur la fente d'un monochromateur de Hilger. La pile constituée par la chaîne Cd-CdS-électrolyte-Cd était réunie à un potentiomètre destiné à équilibrer la force électromotrice à l'obscurité. L'effet produit par le rayonnement était mesuré au moyen d'un galvanomètre sensible à 10^{-9} ampère dont les indications étaient rapportées à l'unité d'énergie en comparant, pour chaque longueur d'onde, la déviation α obtenue avec la cellule, à la déviation α_0 obtenue avec une pile thermo-électrique dans les mêmes conditions.

La courbe ci-dessus représente la sensibilité absolue $a = \alpha/\alpha_0$ d'une électrode de sulfure de cadmium au contact de Na^2S; elle se caractérise par un maximum nettement accusé situé vers 5200 Å. Après cette valeur, la sensibilité décroît rapidement jusqu'à un minimum correspondant à 4100 Å environ et présente un deuxième maximum quelquefois plus accusé que ne l'indique la figure vers 3900 Å.

En résumé le sulfure de cadmium dont nous avons déterminé la sensibilité à l'égard des diverses radiations du spectre visible, présente un effet photovoltaïque dû sans doute au même processus photolytique invoqué pour les substances photosensibles déjà étudiées (CuO, Cu^2O, CuI, Ag^2S, AgI, Hg^2I^2). Si des phénomènes photo-électroniques, toujours possibles, interviennent, ils ne doivent jouer qu'un rôle secondaire.

CHIMIE MINÉRALE. — *Nouveau mode d'investigation pour l'étude des peroxydes hydratés.* Note ([1]) de M. **Maurice Billy** et Mlle **Irène San-Galli**, présentée par M. G. Urbain.

L'emploi de l'eau oxygénée pour la préparation des peroxydes de titane, vanadium, cérium, cuivre, etc. a été étudié par de nombreux savants, mais il reste encore une grande incertitude sur la composition de ces peroxydes.

([1]) Séance du 14 mars 1932.

La valence du métal dans les persels reste incertaine. L'un de nous a été frappé de l'impossibilité de mettre d'accord les travaux, même les plus récents, sur le peroxyde de titane. On a donné à ce peroxyde les formules Ti^2O^5 ou TiO^3 (¹). Il fallait donc chercher une technique de préparation et d'étude de ces corps toute différente de celle employée jusqu'à présent.

Pour isoler l'hydrate, on ajoute un excès d'eau oxygénée à la solution acide d'un sel de titane, puis on neutralise partiellement, et on laisse la liqueur s'hydrolyser à froid.

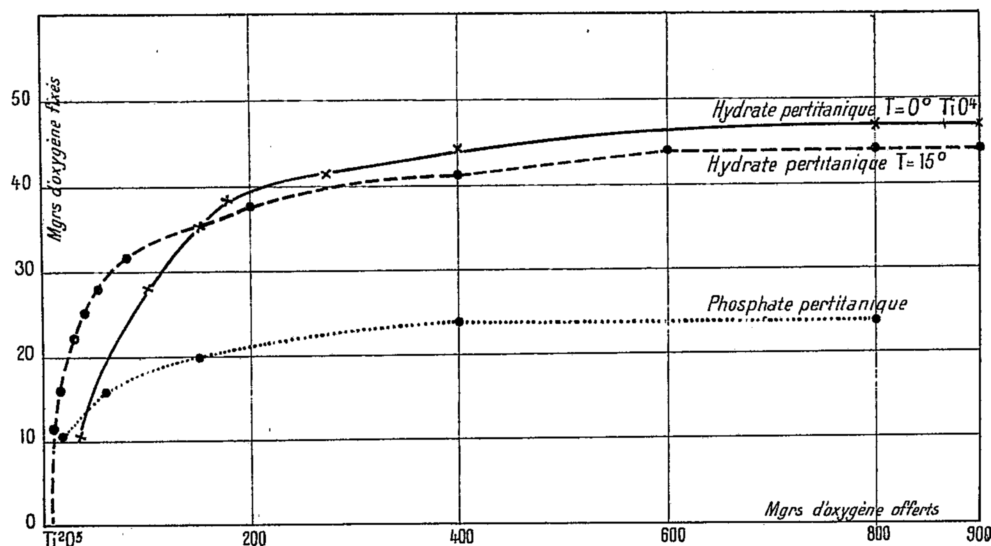
La fixation de l'eau oxygénée, au moment de la précipitation du peroxyde a été étudiée de la manière suivante :

Une quantité fixe de sulfate ou de chlorure titanique en liqueur acide est peroxydée par une quantité connue d'eau oxygénée variable d'une expérience à l'autre. La liqueur est étendue à un volume déterminé et neutralisée toujours avec un même excès de carbonate de baryum. On provoque ainsi, après une courte agitation, la précipitation complète d'un hydrate de peroxyde. Opère-t-on avec un sel insoluble comme le phosphate, le phénomène est identique. Après filtration de la moitié de la liqueur, on titre l'eau oxygénée non combinée, à l'aide du permanganate en liqueur sulfurique. Connaissant la quantité d'oxygène actif mis en réaction, on en déduit l'oxygène fixé. Des expériences ont été faites à 0°, 15° en employant chaque fois 117^{mg} de TiO^2 dilué depuis 200^{cm^3} jusqu'à 2000^{cm^3}. Dans chaque série de mesures, on fait agir des quantités croissantes d'eau oxygénée. Il se produit, à un certain moment, un phénomène d'équilibre. La quantité d'oxygène absorbée par l'hydroxyde titanique augmente jusqu'à une certaine limite, seuil de la saturation qui se manifeste lorsque 2 atomes d'oxygène ont été fixés (TiO^4). Cette limite varie un peu avec la température et la dilution. La combinaison avec l'eau oxygénée est intégrale, tant que l'oxygène fixé ne correspond pas à la formule Ti^2O^5. A partir de ce moment, chaque excès d'eau oxygénée se partage entre le peroxyde formé et la liqueur.

Les résultats de ces expériences sont représentés par des hyperboles, les quantités d'oxygène fournies étant portées en abscisses et les quantités absorbées en ordonnées (voir la figure). On doit conclure de ces faits qu'il s'est formé un oxyde Ti^2O^5, lequel fixe de l'eau oxygénée pour donner la combinaison : $Ti^2O^5, 3H^2O^2$. Il s'ensuit que les persels de titane formulés TiO^3 sont mieux représentés par la formule Ti^2O^5, H^2O^2.

(¹) WELLER, *Ber. d. d. chem. Ges.*, 15, 1882, p. 2599; BILLY, *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 1411, et 186, 1928, p. 760; YOST et ZABARO, *J. Am. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 1181; CLASSEN, *Ber. d. d. chem. Ges.*, 21, 1888, p. 371 et 1519; FABER, *Z. Anal. Chem.*, 46, 1907, p. 277; PENTANELLI MAZZUCHELLI, *Gazz. Chim. ital.*, 40, 1910, p. 666; SCHWARTZ et SEXAUER, *Ber. d. d. chem. Ges.*, 66, 1927, p. 500.

D'autre part les observations qualitatives de J.-F. van Bemmelen et quantitatives de l'un de nous (1) montrent que l'importance du précipité ne change pas la précision de la méthode, ce qui permet d'éliminer l'hypothèse d'une adsorption qui serait évoquée pour interpréter les faits précédents.



Des expériences analogues ont été faites sur des métaux donnant des persels. En partant d'une liqueur de nitrate de cérium $Ce(NO^3)^3$, une précipitation de l'hydrate de peroxyde donne une courbe analogue à celle du titane. Pour le molybdène, la fixation de l'eau oxygénée est constante; on trouve un peroxyde défini, unique. Pour le cuivre, il n'y a pas de fixation d'eau oxygénée sur l'hydroxyde ou le phosphate.

Ces exemples permettent de considérer que cette méthode est générale. Elle offre un nouveau moyen d'examen du comportement et de l'identité des peroxydes métalliques et de leurs sels.

(1) Billy, *Thèse*, Paris, 1921.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Effets d'un nouveau système de greffage chez le* Lycium vulgare *placé sur la Tomate*. Note [1] de M. C. T. POPESCO, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Les plantes greffées conservent-elles leurs caractères propres comme si elles vivaient à l'état autonome ou au contraire s'influencent-elles réciproquement à des degrés divers? C'est là une question vivement discutée depuis une quarantaine d'années.

La solution ne peut en être cherchée dans les théories mais dans les faits. Aussi ai-je depuis quelques années entrepris une série de recherches expérimentales sur ce sujet.

J'ai d'abord constaté que le *Lycium vulgare*, greffé comparativement sur deux espèces de Solanacées, le Piment et la Tomate, se comportent d'une façon très différente quant à la prospérité de l'association. Chétif et rabougri sur le Piment, il est vigoureux sur la Tomate et se développe mieux que les témoins eux-mêmes.

Pour effectuer les greffes du *Lycium*, j'ai employé un procédé nouveau que j'ai désigné sous le nom de *greffage par inclusion*. J'ai pris pour épibiote ou greffon une jeune pousse de cet arbuste, sur laquelle j'ai détaché un morceau de 2 à 5^{cm} de longueur, portant à l'aisselle des feuilles des bourgeons bien formés.

Après avoir coupé les feuilles, je l'ai entaillé longitudinalement, en enlevant les tissus libéro-ligneux sans abîmer les bourgeons, ce qui est une condition fondamentale de la réussite.

Sur une jeune Tomate de 20^{cm} de hauteur j'ai pratiqué, vers le milieu de la tige, une fente longitudinale; et j'y ai inséré l'épibiote, puis j'ai ligaturé avec du raphia ou des fils de coton gros.

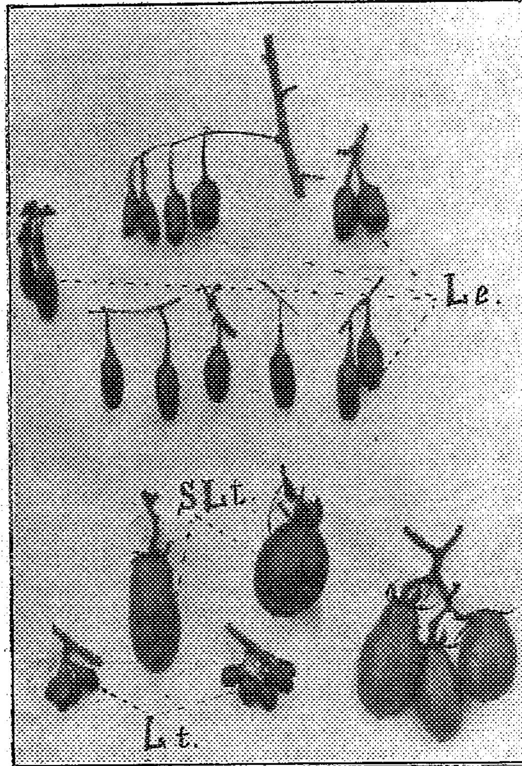
Pour empêcher la dessiccation du greffon, j'ai entouré la plaie d'un manchon de papier blanc qui empêchait la transpiration exagérée. La reprise fut parfaite; par la suite, le *Lycium* épibiote prit un grand développement ainsi que la Tomate que j'avais conservée intacte sans la décapiter, réalisant ainsi une hémidibiose. A la fin de la végétation, la tige du *Lycium* greffé, avait en moyenne $2^{m},95$ de hauteur et un diamètre $1^{cm},40$; celle de la Tomate avait $2^{m},50$ et son diamètre était de $1^{cm},8$.

---

[1] Séance du 21 mars 1932.

Les feuilles du *Lycium* épibiote étaient plus grandes que celles des témoins.

Ce qui fut tout particulièrement remarquable chez ces greffes, que j'ai répétées trois années de suite (1929, 1930 et 1931) avec la même variété Prune rouge de Tomate, c'est le changement des inflorescences et des fruits chez le *Lycium*. On sait que ceux-ci sont petits, ovoïdes, solitaires ou



Diverses formes des fruits mûrs : L*e*, Fruits de l'épibiote *Lycium vulgare* greffé sur Tomate var. Prune rouge; SL*t*, Fruits de Tomate (Prune rouge); L*t*, Fruits de *Lycium vulgare* témoin.

groupés près de la tige qui les porte, tandis que ceux de la Tomate sont plus gros, allongés, et portés par des pédoncules assez longs, écartés et disposés en cymes.

Or, tandis que les *Lycium* témoins conservaient intégralement leurs caractères, ceux des *Lycium* greffés avaient beaucoup grossi, s'étaient fortement allongés ; ils étaient disposés en cymes divariquées au lieu d'être solitaires ou en groupes serrés. Par ces caractères, ils se rapprochaient de la Tomate sujet.

La pulpe de ces fruits modifiés avait elle-même subi une transformation intéressante. Elle était devenue plus douce. Aussi les baies furent-elles mangées par des moineaux qui ne touchèrent pas à celles des témoins.

Ces faits viennent à l'appui de ceux qu'a signalés M. Lucien Daniel (¹), et montrent que le greffage peut, en certains cas, être un générateur de variations morphologiques et chimiques chez les fruits de Solanées diverses, et que ceux-ci sont influencés de façon variable par la plante support qui les nourrit.

CYTOLOGIE. — *Les centrioles de l'œuf de l'Oursin* Paracentrotus lividus *L.* Note (²) de Mlle Odette Tuzet, présentée par M. F. Mesnil.

Le corpuscule polaire découvert par Van Beneden (1875), appelé centrosome par Boveri (1888), fut vu par eux et de nombreux observateurs dans les mitoses de maturation de beaucoup d'œufs, mais jamais dans celles des Oursins.

Hertwig (1878), Boveri (1890), Wilson et Mathews (1895), Schaxel (1910, 1911) ne le voient pas dans les divisions de réduction de *Paracentrotus* (*Toxopneustes*, *Strongylocentrotus*) *lividus*, *Echinus microtuberculatus*, tandis que, dans les mêmes travaux, Hertwig le signale chez l'Axolotl, Wilson et Mathews chez l'Asterie, par exemple.

Retzius observe, dans les centrosphères situées aux extrémités du premier fuseau de réduction, un petit granule plus foncé. Ne l'ayant observé qu'une fois, il n'ose l'assimiler à un centrosome, tout en notant qu'il y ressemble.

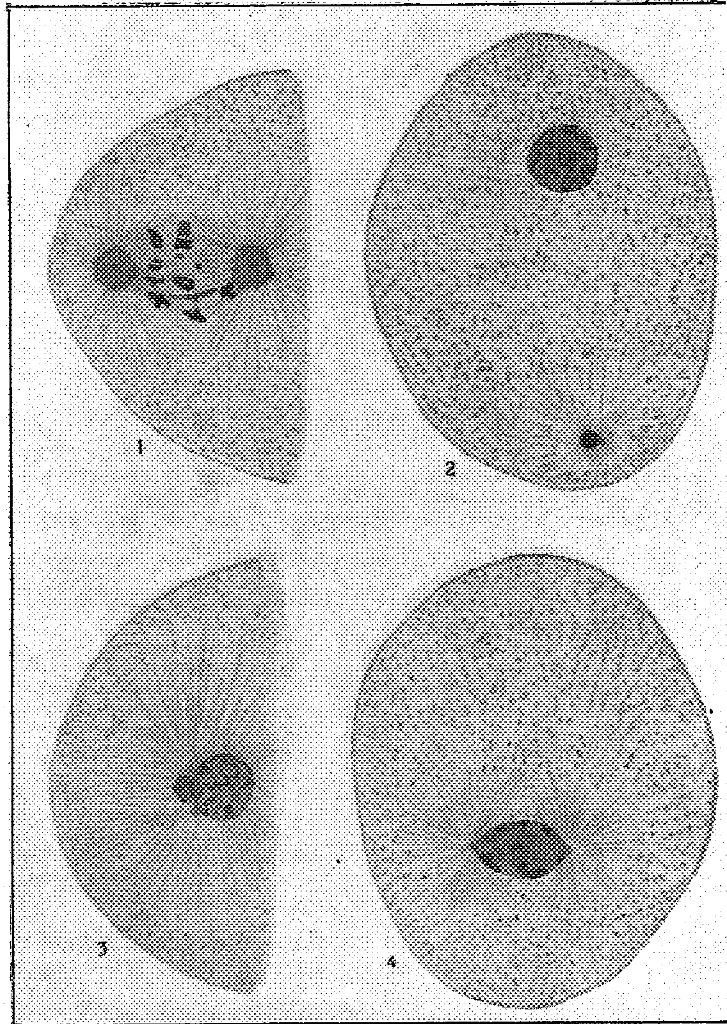
Fry (1928-1929), étudiant les œufs artificiellement activés d'*Echinaster*, croit démontrer que le centriole n'est qu'un artefact n'apparaissant que lorsqu'il n'y a plus de sphère et que les rayons de l'astre convergent. Il peut naître aussi sous l'influence de certains fixateurs.

Si Boveri ne reconnut aucun rôle dans la fécondation au centrosome de l'œuf, c'est en partie parce qu'il ne le trouvait pas dans les mitoses de réduction des oursins. D'après lui, lorsqu'il existe, c'est un centrosome affaibli.

Après la fécondation et pendant la première mitose de segmentation, le centriole a été vu, mais d'une façon inconstante. Boveri (1900), Kostanecki (1896) l'observent chez *Echinus* dans l'aster mâle et aux deux pôles

(¹) Lucien Daniel, *Études sur la greffe*, 3, 1930, p. 842-1292.
(²) Séance du 21 mars 1932.

du fuseau, tandis que Ziegler (1904) voit une sphère sans centriole. Hill (1895) le figure bien chez *Sphærechinus*. Wilson (1895-1896) ne l'observe pas chez *Toxopneustes* et, dans la dernière édition de son Traité (1925),



Paracentrotus lividus.
1, première division de maturation; 2, 3, 4, fécondation.
Bouin—Duboscq—Brasil—Hématoxyline. G = 800.

une série de granules groupés dans une plage arrondie représente le type du centrosome dans l'œuf d'Oursin.

Fry (1930), dans les œufs fécondés d'*Echinarachnus*, ne voit que très

rarement un centriole ; il s'appuie sur cela, ainsi que sur les observations incomplètes des auteurs, pour développer à nouveau sa théorie du centriole artefact.

Dans l'œuf de *Paracentrotus lividus*, à la première division de maturation, je vois, à chaque extrémité du fuseau, un bel aster rayonnant autour d'une plage archoplasmique au centre de laquelle se trouvent deux petits grains centrosomiens très nets (*fig.* 1). La plage archoplasmique n'est pas précisément une sphère, ses contours ne sont pas nettement délimités. Elle peut d'ailleurs ne pas exister; alors les rayons de l'aster vont jusqu'au centre où se trouvent les deux centrioles. Cette présence ou absence de sphère a été notée par Fry. Mais, contrairement à ce qu'il croit avoir observé, le centrosome est toujours présent.

Nous avons aussi vu les centrioles à l'intérieur des sphères durant ce que nous pensons être la deuxième division de maturation. Après la fécondation, au moment où le spermaster se forme, on le voit prendre naissance autour d'une petite plage archoplasmique contenant deux centrioles (*fig.* 2). Ceux-ci correspondent aux deux centrioles du groupe centrosomien postérieur du spermatozoïde (O. Tuzet, 1932). Pendant la transformation du noyau spermatique en pronucleus, les deux centrioles se séparent et deux asters distincts se forment (*fig.* 3). Après fusion des deux pronucleus, à chaque pôle du fuseau de la première division, on voit une petite sphère contenant alors deux centrioles (*fig.* 4), le centriole unique s'étant divisé durant ce processus.

Dans l'œuf de *Paracentrotus lividus*, le centriole est donc un organite constant. Il doit en être de même chez tous les oursins et la théorie de Fry repose probablement sur des observations faites sur des préparations insuffisantes. Il aurait abouti à d'autres conclusions s'il avait eu de bonnes fixations et de bonnes colorations.

MÉDECINE. — *La méthode gastrophotographique et ses auto-moyens de contrôle*. Note (¹) de MM. **Victor-Pauchet** et **A. Bécart**, présentée par M. A. d'Arsonval.

On a suffisamment décrit pour qu'il ne soit pas besoin d'y revenir la nouvelle méthode d'investigation directe de l'intérieur de l'estomac qui, au moyen du Gastrophotor, permet de prendre en plein jour et d'un seul coup

(¹) Séance du 21 mars 1932.

16 photographies instantanées intragastriques, stéréoscopiques et plastiques, en 1/120ᵉ de seconde avec une puissance lumineuse de 20000 bougies.

Ce qui n'a pas encore été précisé, se sont les possibilités d'auto-contrôle qu'offre cette méthode, lorsqu'on en connaît bien la technique.

Nous croyons utile de les exposer ici le plus brièvement possible.

I. *Champ photographique des cameras.* — Les deux cameras cylindriques superposées qui constituent le bloc photographique sont conçues de telle façon qu'elles peuvent embrasser les 9/10ᵉ de la surface totale intragastrique, lorsque la sonde est introduite bien à fond, le malade étant assis le buste droit, son estomac bien vidé et bien insufflé. Dans cette position, seuls le voisinage immédiat du cardia et le fond de l'estomac restent en dehors du champ photographique des cameras.

Pour chaque paire verticale de trous sténopés impressionnant le même film, les deux trous sont disposés à un demi-centimètre l'un de l'autre. Ils sont percés dans la paroi métallique de la camera en forme d'entonnoir vers l'extérieur, à angle de 95°. Leur diamètre est de 1/10ᵉ de millimètre. Ce dispositif permet au champ de vision du trou sténopé supérieur de chevaucher le champ de vision du trou sténopé inférieur et inversement, de sorte que plus la paroi à photographier sera éloignée et plus les deux images conjuguées du même film seront semblables. Pour la même raison, le champ de vision de la camera inférieure, dans sa partie supérieure, chevauche également celui de la camera supérieure, dans sa partie inférieure.

En outre, les films des cameras, pour pouvoir être introduits dans leurs casiers, doivent être incurvés dans le sens concave, car la paroi à photographier est, en effet, incurvée dans le sens contraire. Grâce à cette précaution, tous les rayons lumineux de la surface de la paroi à la surface du film ont une longueur sensiblement égale, ce qui évite une déformation de l'image.

II. *Possibilité de déterminer pour chaque prise de vues la position du bloc photographique.* — Ces particularités permettent de déterminer par l'examen des épreuves la position du bloc photographique dans le sens vertical, entre le cardia et le fond de l'estomac. Les épreuves de la petite courbure et de la région pylorique fournissent les meilleurs points de repère à cet égard. Si l'image supérieure montre en partie les plis typiques du cardia, c'est que le bloc photographique se trouvait dans la partie supérieure de l'estomac. Si, au contraire, l'image supérieure montre nettement l'antre pylorique et l'*incisura angularis*, c'est que le bloc photographique était au fond de l'estomac.

L'opérateur apprend d'ailleurs à reconnaître, lors de l'introduction de la sonde, le passage du cardia et le contact avec le fond de l'estomac, ce qui l'aide, avant la prise de vues, à placer le bloc photographique dans la position qu'il désire, en ce qui concerne le sens vertical.

La position du bloc photographique dans les sens latéraux se détermine par la mensuration, à l'aide du photomètre, des épreuves de deux parois opposées : petite et grande courbure ou paroi antérieure et postérieure.

Le repère de mensuration du photomètre est placé sur un point précis d'une des deux images de la même épreuve. Suivant l'éloignement constaté entre ce repère et le même point correspondant de la seconde image de l'épreuve, on a le rapport de grandeur qui existe entre l'épreuve et les dimensions véritables de la partie photographiée. On sait ainsi quelle est celle des deux parois opposées qui se trouvait la plus rapprochée ou la plus éloignée des cameras.

III. *Possibilité de reconstituer la forme et les contours de l'estomac photographié.* — Ayant ainsi déterminé la place occupée par les cameras dans le sens vertical et dans les sens latéraux, on peut reconstituer la forme de l'estomac photographié. Là encore, ce sont les épreuves de la petite courbure et de l'antre pylorique qui fournissent les meilleurs éléments de contrôle, suivant que le pylore et son antre se trouvent sur les épreuves d'en haut et d'en bas, sur celles d'en bas et pas sur celles d'en haut ou sur celles d'en haut et pas sur celles d'en bas.

IV. *Insufflation de l'estomac.* — L'insufflation préparatoire à la prise de vues a pour but d'entraver la formation des plis de contraction causés par les mouvements péristaltiques et d'éloigner autant que possible des cameras les parois de l'estomac. Plus cet éloignement sera marqué et plus les images obtenues seront stéréoscopiques et plastiques. Mais les trous sténopés excluant toute nécessité de mise au point préalable, les images restent nettes même avec une paroi rapprochée à 6^{mm} des cameras et les cameras ne touchent la paroi que lorsque l'insufflation a été mal faite et que le patient n'a pas été mis dans une position convenable.

L'expérience démontre que les 3/4 de l'air insufflé, *bien entendu en quantité suffisante*, se localisent dans la grosse tubérosité et 1/4 seulement dans la partie inférieure de l'estomac. Cette répartition suffit pleinement dans la pratique pour obtenir une bonne prise de vues. Pour s'en rendre compte il suffit de prendre une première fois un estomac non insufflé et une seconde fois le même estomac insufflé. La réponse sera donnée par les films.

V. *Positions à donner au patient.* — Une prise de vues donnant seize

images lisibles n'est pas une exception *mais la règle*, chaque fois qu'on opère bien, mais il n'y a jamais, en pratique, nécessité absolue d'obtenir seize images, car ce qui intéresse surtout le praticien, ce sont les régions qui sont le siège électif des lésions : petite courbure, antre et pylore, parois postérieure et antérieure, la grande courbure n'offrant jamais le même intérêt. Or, on peut toujours photographier ces parties de l'estomac *à coup sûr*, si l'on donne au patient la position requise. Il suffit d'incliner le malade du côté qu'on désire photographier avec le plus de champ, ce qui éloigne automatiquement les cameras de la paroi, en augmentant leur champ photographique, quitte à leur faire toucher la paroi opposée, dont le champ photographique devient nul.

Si, dans une prise de vues, une paroi a été ainsi volontairement sacrifiée, ce qui supprime seulement quatre images sur seize, il suffira d'opérer une seconde fois, en inclinant le malade du côté opposé, pour obtenir une bonne image de la paroi sacrifiée lors de la première prise de vues.

Conclusion. — Pour nous résumer, l'appareil qui sert à la photographie intragastrique est conçu de telle façon qu'il permet : *avant la prise de vues*, de donner au bloc photographique la position désirée, d'augmenter ou de diminuer à volonté l'étendue de chaque champ photographique; *après la prise de vues*, d'évaluer les dimensions exactes des lésions et des parties photographiées, de reconstituer la forme et les contours de l'estomac photographié, de contrôler la place qu'occupaient les cameras.

Il en résulte que la gastrophotographie, qui complète si heureusement les autres méthodes d'investigation en usage et qui facilite l'obtention de diagnostics précis et précoces dont nous avons pu maintes fois vérifier l'exactitude à l'opération, prévoit dans ses dispositifs plusieurs moyens d'auto-contrôle qui en assurent à la fois l'exactitude, l'utilité et l'efficacité. Les clichés et les résultats que nous avons obtenus nous en ont amplement fourni la preuve.

M. **A.-L. Herrera** adresse une Note intitulée *Formes de grains d'amidon produites avec le formol, le sulfure d'ammonium et l'acide nitrique.*

La séance est levée à 15^h45^m.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 AVRIL 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation aux dérivées partielles.* Note de M. E. **GOURSAT**.

M. Gosse([1]) a montré qu'une équation aux dérivées partielles du second ordre, obtenue par M. Pasquier dans ses recherches sur les équations intégrables par la méthode de Darboux, se ramenait par une transformation de Bäcklund à l'équation de Laplace

$$(\mathrm{E}) \qquad \frac{\partial^2 z}{\partial x\,\partial y} - \frac{1}{2}\frac{\dfrac{\partial^2\theta}{\partial x\,\partial y}}{\dfrac{\partial\theta}{\partial x}}\frac{\partial z}{\partial x} - \frac{1}{2}\frac{\dfrac{\partial^2\theta}{\partial x\,\partial y}}{\dfrac{\partial\theta}{\partial y}}\frac{\partial z}{\partial y} = 0.$$

J'avais rencontré moi-même cette équation (E) dans un travail déjà ancien *Sur quelques transformations de certaines équations aux dérivées partielles* ([2]). On l'obtient en éliminant Z entre les deux équations

$$\frac{\partial \mathrm{Z}}{\partial x} = \frac{\left(\dfrac{\partial z}{\partial x}\right)^2}{\dfrac{\partial\theta}{\partial x}}, \qquad \frac{\partial \mathrm{Z}}{\partial y} = \frac{\left(\dfrac{\partial z}{\partial y}\right)^2}{\dfrac{\partial\theta}{\partial y}};$$

si au contraire on élimine z, on est conduit à la nouvelle équation

$$(\mathrm{E}_1) \qquad \mathcal{F}(\mathrm{Z}) = \mathcal{F}(\theta),$$

([1]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 348.

([2]) *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 2e série, 4, 1902, p. 339.

en posant

$$\mathcal{F}(\ )=\frac{\left[\dfrac{\partial^2(\ )}{\partial x\ \partial y}\right]^2}{\dfrac{\partial(\ )}{\partial x}\ \dfrac{\partial(\ )}{\partial y}}.$$

Or j'avais démontré antérieurement ([1]) que l'équation (E_1) se ramène elle-même à une équation linéaire telle que la suite de Laplace ne peut se terminer dans un sens sans se terminer dans les deux sens.

Il s'ensuit que si l'équation de M. Pasquier admet pour l'un des systèmes de caractéristiques un invariant (autre que x ou y), il existe aussi un invariant pour le second système, et l'équation est de la première classe.

M. R. **Bourgeois**, ancien Directeur du Service géographique de l'Armée, s'exprime en ces termes :

Dans la belle série des ouvrages qui ont été édités à l'occasion de l'Exposition coloniale internationale de Vincennes (1931), sous les auspices des Ministères de la Guerre et des Colonies, pour magnifier l'œuvre admirable accomplie par les Armées françaises depuis un siècle dans nos possessions d'outre-mer, je tiens à vous signaler, en raison de son caractère scientifique, l'importante étude faite par le Service géographique de l'Armée sous le titre *La carte de l'Empire colonial français*.

A l'élaboration de cette carte « ont participé dès le début », comme le remarque le général A. Bellot, Directeur du Service géographique de l'Armée, dans la préface de ce livre, écrit d'après ses indications, « un grand nombre d'officiers et de gradés des corps de débarquement ou d'occupation, capables, sinon de dessiner des levés définitifs avec une minutieuse précision, du moins de fixer sous la forme de croquis topographiques les particularités des régions où ils faisaient campagne ».

C'est même cette collaboration de toutes les bonnes volontés qui caractérise la première phase, celle où la carte prend naissance. Parmi les exécutants, des officiers qui avaient été formés au Service géographique même, non contents d'avoir dessiné ces esquisses, ont repris l'ébauche primitive pour lui donner peu à peu une plus grande exactitude, sans prétendre encore à une rigueur parfaite. C'est seulement dans une dernière période, où nos grandes colonies sont maintenant tout à fait engagées, qu'un Service

([1]) *Bulletin de la Société mathématique de France*, 25, 1897, p. 36.

géographique local, disposant des moyens nécessaires, se consacre à l'exécution méthodique d'une carte régulière, pouvant répondre à tous les besoins.

Malgré la dispersion des efforts, une heureuse homogénéité peut se constater dans les résultats. C'est que « par son action technique », nous dit encore la préface, « le Service géographique de l'Armée a pu maintenir sous toutes les latitudes l'unité de doctrine indispensable pour établir les cartes quel qu'en soit le genre ».

Cet échelonnement des travaux, l'ouvrage que j'ai l'honneur de déposer sur votre bureau vise à en rendre compte. « La carte de l'Empire colonial français » est bien le complément, que nous attendions, de deux études similaires, dont la plus ancienne est une publication d'une haute tenue, que le général Berthaut, alors colonel, a donnée sur la carte de France en 1898. Plus récemment, l'année même du centenaire de l'expédition d'Alger, l'historique de la carte d'Algérie a été préparé et publié au Service géographique de l'Armée, et j'en ai fait hommage à l'Académie dans la séance du 22 décembre 1930.

Dans le présent ouvrage, chaque colonie fait l'objet d'un chapitre particulier. Pour l'Algérie et l'ensemble du Sahara, on n'a eu qu'à résumer le travail très complet qui se trouvait déjà écrit. Sont traités ensuite la Tunisie, pays favorisé entre tous, puisque sa carte est sur le point d'être achevée; le Maroc et le Levant, où, en ce moment même, les levés sont poussés avec une activité sans exemple; enfin, l'Indochine, Madagascar et l'A. O. F., colonies très évoluées, qui possèdent chacune un service autonome en plein rendement. Il y avait relativement moins à dire sur l'A. E. F., dont le développement au point de vue topographique est encore assez peu avancé, et sur nos petites colonies, bien qu'elles n'aient pas été négligées par les cartographes.

Le texte est heureusement complété par toute une série de planches. De ces illustrations, je ne veux retenir que les cartes données comme spécimens, les unes offrant un haut intérêt rétrospectif, les autres actuellement en service, et surtout les schémas qui nous font saisir d'un simple coup d'œil le degré d'avancement de chaque genre d'opérations.

Mais la liste de nos possessions est si longue et leur étendue si considérable (vous savez que leur surface égale sept fois celle de notre pays de France) que l'exposé que je vous présente n'a pu être traité avec toute l'ampleur désirable. Sous sa forme un peu abrégée, il sera cependant accueilli avec faveur, car c'est la première vue d'ensemble qui nous est

offerte des innombrables travaux géographiques ayant préparé la conquête, puis la mise en valeur de notre Empire colonial. Les géographes auront ainsi sous la main, dans un document unique, que les auteurs se sont ingéniés à rendre aussi peu technique que possible, un inventaire complet de notre cartographie coloniale, avec d'intéressantes précisions sur la genèse de chaque travail élémentaire et sur les circonstances qui ont présidé à son développement.

ÉLECTIONS.

M. **Paul Stroobant** est élu Correspondant pour la Section d'Astronomie par 33 suffrages contre 3 à M. *František Nušl*. Il y a 1 bulletin blanc.

CORRESPONDANCE.

M. **J. Schokalsky**, élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **J. Cantacuzène**, élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **François Maignon** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait des subventions qui lui ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil* en 1929 et 1930.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Hélois Ollivier. *Cours de Physique générale*. Tome troisième. *Mouvements vibratoires. Acoustique. Optique physique. Ondes électromagnétiques. Électro-optique. Effets optiques du mouvement.*

2° FERNAND BLONDEL. *La Géologie et les Mines de l'Indochine française.*

3° ANDRÉ MARCELIN. *Solutions superficielles. Fluides à deux dimensions et et stratifications moléculaires.*

4° COLONIE DE MADAGASCAR ET DÉPENDANCES. *Catalogue des Plantes de Madagascar*, publié par l'ACADÉMIE MALGACHE. 10 fascicules, Octobre 1930-Octobre 1931.

5° ROBERTO MARCOLONGO. *La Meccanica di Leonardo da Vinci.* (Présenté par M. Élie Cartan.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Probabilité d'une élection à la majorité absolue en un ou deux tours de scrutin.* Note (¹) de M. E. **BATICLE**, transmise par M. Émile Borel.

On suppose qu'on ne sait rien *a priori* de l'opinion des électeurs, et que les candidats ont des chances égales.

Les groupements en n partis qu'on peut former avec m électeurs sont au nombre de C_{m-1}^{n-1} : en effet, un groupement quelconque est obtenu, les électeurs supposés alignés dans un ordre qui peut être quelconque, en disposant $n-1$ séparations dans les $m-1$ intervalles. On exclut les cas où un parti aurait zéro voix.

Si l'on « bloque » $m/2$ électeurs, le nombre de groupements possibles avec les $m/2$ électeurs restants est $C_{m/2-1}^{n-1}$: par suite $nC_{m/2-1}^{n-1}$ représente le nombre de groupements où l'un des partis comprend plus de $m/2$ électeurs, puisque les électeurs bloqués peuvent être attribués à l'un quelconque des partis, et à un seul à la fois.

La probabilité d'une élection à la majorité absolue est donc

$$p = nC_{m/2-1}^{n-1} : C_{m-1}^{n-1}.$$

Pour m très grand la valeur asymptotique de p est

$$p = \frac{n}{2^{n-1}}.$$

Supposons que, une majorité absolue ne s'étant pas révélée à un premier tour de scrutin, on procède à un second tour avec n' candidats ($n' < n$).

Avec un groupement quelconque en n' partis, on peut faire $C_{m-n'}^{n-n'}$ groupements en n partis puisqu'on a à placer $n-n'$ séparations dans les $m-n'$

(¹) Séance du 29 mars 1932.

intervalles dont on dispose. Mais un quelconque de ces groupements peut être obtenu à partir de $C_{n-1}^{n-n'}$ groupements en n partis, puisque cette expression représente le nombre de manières de supprimer $n-n'$ séparations dans les $n-1$ que comporte un groupement en n partis.

Il en résulte que X groupements en n partis peuvent « s'apparenter » en $X.C_{n-1}^{n-n'} : C_{m-n'}^{n-n'}$ groupements en n'.

En particulier, les groupements à majorité absolue peuvent s'apparenter en

$$nC_{m/2-1}^{n-1} \times C_{n-1}^{n-n'} : C_{m-n'}^{n-n'} = pC_{m-1}^{n'-1}$$

groupements en n' partis.

Ces groupements sont à éliminer dans le dénombrement, pour le second tour, des cas possibles et des cas favorables.

La probabilité d'une élection à la majorité absolue au second tour est donc

$$\varpi = \frac{n'C_{m/2-1}^{n'-1} - pC_{m-1}^{n'-1}}{C_{m-1}^{n'-1} - pC_{m-1}^{n'-1}} = \frac{p'-p}{1-p}.$$

En deux tours, le nombre probable d'élus à la majorité absolue sera, en appelant N le nombre de circonscriptions :

$$Np + N(1-p)\varpi = Np';$$

il est le même qu'en un tour unique avec n' candidats.

Remarque. — Le calcul de la valeur asymptotique de p est une généralisation du problème classique du bâton brisé.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains cas de données discontinues relatifs aux problèmes de valeurs à la frontière.* Note de M. **Georges Giraud.**

Soit $\mathcal{D}$ un domaine borné de l'espace à m dimensions. On suppose que chaque point de sa frontière $\mathfrak{S}$ est intérieur à une région où les coordonnées du point variable s'expriment par des fonctions de $m-1$ paramètres, dont les dérivées existent et remplissent une condition de Hölder, et dont les m déterminants fonctionnels ne s'annulent nulle part ensemble; un nombre fini de telles régions suffit, et une parallèle à une normale ne peut rencontrer $\mathfrak{S}$ qu'en un point infiniment voisin du pied de cette normale. $\mathfrak{M}$ est une autre multiplicité, fermée ou non, située dans $\mathcal{D}+\mathfrak{S}$, et remplissant par ailleurs les mêmes hypothèses que $\mathfrak{S}$.

Considérons l'opération du type elliptique

$$\mathcal{F}u = \Sigma_{\alpha,\beta} a_{\alpha,\beta} \frac{\partial^2 u}{\partial x_\alpha \partial x_\beta} + \Sigma_\alpha b_\alpha \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + cu \qquad (a_{\alpha,\alpha} > 0).$$

Soit $r(X)$ la distance de X à $\mathfrak{M}$, et soient h et k deux nombres positifs dont la somme surpasse *un*. On suppose que les $a_{\alpha,\beta}$ satisfont à la condition [1]

$$a_{\alpha,\beta}(X) - a_{\alpha,\beta}(Y) = O[r^{k-1}(X) L^h(X, Y)] \qquad (h \leq 1, k \leq 1)$$

quand X et Y varient; cette condition définit une classe particulière de fonctions hölderiennes d'exposant $h + k - 1$ dans $\mathcal{D} + \mathfrak{S}$. On suppose enfin que les b_α et c sont continus en tout point de $\mathcal{D} + \mathfrak{S} - \mathfrak{M}$ et valent $O(r^{k-1})$.

Les problèmes de valeurs à la frontière relatifs à cette opération peuvent être traités d'une façon tout à fait analogue à ce qui a déjà été fait dans le cas particulier où tout est toujours continu. On exige que les dérivées de u soient continues en tout point de $\mathcal{D}$.

Une proposition fondamentale est que, si $\rho(A) = \sqrt{a^2_{m-p+1} + \ldots + a^2_m}$ $(0 < p \leq m)$, et si les nombres positifs λ, μ, $\nu \leq p$ remplissent les conditions $\lambda + \nu > p$, $\mu + \nu > p$, on a

$$\int_{\mathcal{D}}^{(m)} L^{\lambda - m}(X, A) L^{\mu - m}(\Xi, A) \rho^{\nu - p}(A)\, dV_A$$
$$= \begin{cases} O[L^{\lambda+\mu+\nu-p-m}(X, \Xi)] & (\lambda + \mu + \nu < p + m), \\ O\left[\log \dfrac{L_0}{L(X, \Xi)}\right] & (\lambda + \mu + \nu = p + m), \\ O(1) & (\lambda + \mu + \nu > p + m). \end{cases}$$

La théorie de Fredholm s'applique donc aux noyaux

$$O[L^{\lambda - m}(X, A) \rho^{\nu - p}(A)] \qquad (\lambda + \nu > p).$$

Cela permet, à titre de lemme, de résoudre le problème généralisé de Neumann, dans nos hypothèses actuelles, relativement à un domaine homothétique de $\mathcal{D}$ dans un rapport assez petit, le centre d'homothétie étant dans $\mathcal{D}$, et la fonction nommée antérieurement ψ [2] étant continue et posi-

---

(1) L(X, Y) désigne la distance des deux points.

(2) *Ann. Éc. Norm.*, 49, 1932, p. 1 à 104, spécialement p. 18 et p. 21 à 29. Voir aussi le travail cité ci-après.

tive et divisée par le rapport d'homothétie; la relation $\mathcal{F}u = f$ est prise au sens généralisé et disparaît aux points de $\mathfrak{M}$.

Si l'on remplace $\mathcal{D}$ par un domaine plus petit, tel que l'intégrale

$$\int^{(m)} r^{k-1}\, dV$$

soit assez petite, on prouve aussi qu'il existe une solution élémentaire $F(X, \Xi)$ partout positive dans ce domaine. Alors le changement d'inconnue

$$u = v\int^{(m)} F(X, A)\, dV_A$$

conduit à une opération où c est remplacé par une fonction négative.

Une proposition connue de M. Picard [1] s'étend alors à nos nouvelles hypothèses : la relation $\mathcal{F}u = f$, prise au sens généralisé, disparaît sur $\mathfrak{M}$, mais u et ses dérivées sont continus. D'une façon analogue, on démontre que si u est continu aux points d'une multiplicité remplissant les mêmes hypothèses que $\mathfrak{M}$, et si Θu [2] existe et a la même valeur pour les fonctions définies des deux côtés de cette multiplicité, la relation $\mathcal{F}u = f$ (f étant continu) satisfaite aux points voisins de cette multiplicité (sauf sur $\mathfrak{M}$) entraîne que les dérivées de u existent et sont continues. Enfin, toujours par la même méthode, les propositions relatives aux extrema atteints en un point de $\mathcal{D}$ dans le cas où l'on a $c \leqq 0$ dans $\mathcal{D} + \mathcal{S} - \mathfrak{M}$, s'étendent sans changement aux hypothèses actuelles : c'est-à-dire que, si l'on a $c \leqq 0$ et $f \geqq 0$ dans $\mathcal{D} + \mathcal{S} - \mathfrak{M}$, un maximum positif ou nul ne peut être atteint en un point de $\mathcal{D}$ que si u est constant dans $\mathcal{D}$ (ce qui entraîne $f = 0$). D'autre part, quel que soit c, si $f \geqq 0$, un maximum nul ne peut être atteint en un point de $\mathcal{D}$ que si u est identiquement nul.

On peut alors aborder la notion de solution élémentaire principale. On prolonge les coefficients dans tout l'espace, de façon que, hors d'un domaine borné, les hypothèses faites antérieurement [3] soient remplies. On impose à la solution élémentaire principale $G(X, \Xi)$ les mêmes conditions qu'antérieurement, sauf aux points de discontinuité où la relation $\mathcal{F}G = 0$ disparaît. On démontre encore que, si c est négatif ou nul en dehors des points de discontinuité (tous situés dans une région bornée),

---

(1) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 353 à 355, dernier alinéa. On peut faire sur f les mêmes hypothèses que sur c.

(2) Voir le premier travail cité, page 25.

(3) Voir le deuxième travail cité.

G existe; la marche générale de la démonstration est la même que dans le cas traité antérieurement, et notamment elle utilise certaines équations intégrales auxquelles la théorie de Fredholm ne s'applique pas. Quel que soit c, si G existe, cette fonction est unique.

Toutes les propositions essentielles étant ainsi transportées à nos hypothèses actuelles, il en résulte que les problèmes de valeurs à la frontière se traitent par les mêmes méthodes que précédemment ([1]).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions inverses des fonctions méromorphes.* Note de M. **Lars Ahlfors**, présentée par M. J. Hadamard.

1. Nous avons démontré ([2]) une généralisation nouvelle du théorème de Picard ([3]). Nous allons maintenant généraliser, d'une manière analogue, un théorème important dû à M. Rolf Nevanlinna, d'après lequel il ne peut pas exister cinq valeurs différentes a_ν ($\nu = 1, \ldots, 5$) telles que toutes les racines de l'équation $f(z) = a_\nu$ soient multiples, $f(z)$ étant une fonction méromorphe dans le plan entier, sauf à l'infini.

Théorème. — *Soient* C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 *cinq cercles dans le plan des* w, *extérieurs les uns aux autres. Si la fonction* $w = f(z)$ *est méromorphe dans tout le plan fini, il existe une branche de la fonction inverse,* $z = z(w)$, *qui reste uniforme dans l'un au moins des cercles* C_ν.

La démonstration est analogue à celle de la Note précédente. En supposant le théorème inexact, on pourra trouver, dans une couronne $r_0 < |z| < r$ arbitrairement grande, des domaines Ω limités par deux arcs de cercles autour de l'origine, et par deux courbes joignant les extrémités de ces arcs, tels qu'on ait pour chaque domaine, en empruntant les notations de la Note citée,

$$\int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r\theta(r)} < K, \tag{1}$$

où K est une constante. De plus, ce qui est essentiel pour notre méthode, le nombre $n(r)$ des domaines Ω rencontrés par le cercle $|z| = r$ croît dans la même proportion que le nombre total des domaines Ω compris dans la couronne $r_0 < |z| < r$.

([1]) Voir aussi *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 818-820.

([2]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 245.

([3]) *Le théorème de Picard-Borel et la théorie des fonctions méromorphes*, p. 102. Paris, Gauthier-Villars, 1929.

Joignons les cercles C_1 et C_2 par une courbe c_1, C_2 et C_3 par c_2, et ainsi de suite dans un cycle fermé, les courbes c_ν étant choisies de manière à ne pas avoir de points communs ni entre elles, ni avec les cercles C_ν (sauf les extrémités). Désignons par (Δ_ν) l'ensemble de ces domaines où $f(z)$ prend des valeurs comprises dans C_ν, et par (γ_ν) les courbes correspondant à c_ν. Pour chaque domaine Δ_i, il existe deux courbes c_i et deux courbes c_{i-l} [1] ayant leurs points de départ sur la frontière de ce domaine. En partant d'un domaine Δ_i quelconque, il sera donc possible de trouver une chaîne $\Gamma_{i,i+l}$, formée par des domaines Δ_i et Δ_{i+l} alternatifs joints par des courbes γ_i. On voit facilement que, sous les conditions imposées, une telle chaîne ne peut pas être fermée. Elle comprend donc une infinité de domaines différents tendant, dans les deux directions de la chaîne, vers l'infini.

C'est en envisageant ces chaînes qu'on peut former les domaines Ω dont nous avons parlé. Chaque domaine Ω est limitrophe de deux chaînes $\Gamma_{i,i+l}$ et $\Gamma_{j,j+l}$, telles que les cercles C_i, C_{i+l}, C_j, C_{j+l} sont tous différents, et à l'intérieur de Ω la fonction $f(z)$ ne prend aucune valeur appartenant au cinquième cercle C_k. En modifiant légèrement les lemmes de la Note précédente il suit qu'un tel domaine doit en effet satisfaire à la condition (1).

2. M. Bloch a démontré le théorème bien connu que la surface de Riemann engendrée par les valeurs d'une fonction $w=f(z)$, régulière dans le cercle $|z|<R$, contient un disque de cercle non ramifié de rayon $BR|f'(0)|$ au moins, B étant une constante absolue. Il s'ensuit que la surface de Riemann de l'inverse d'une fonction entière contient des cercles non ramifiés arbitrairement grands. Il est évident que le théorème ci-dessus contient celui de M. Bloch, et qu'il est même beaucoup plus général. En effet, on en tire pour les fonctions entières l'énoncé suivant :

Étant donnés, dans le plan des w, quatre cercles finis, sans points communs, il existe une branche de l'inverse de la fonction entière $w=f(z)$ qui reste uniforme dans l'un au moins de ces cercles.

Dans cet énoncé nous n'avons que quatre cercles, puisque toutes les branches sont multiformes dans le cinquième cercle, supposé décrit autour du point à l'infini.

3. Pour les fonctions méromorphes il existe aussi un théorème correspondant au théorème de M. Bloch. Pour y arriver il faut représenter, par une projection stéréographique, les valeurs de $w=f(z)$ sur la surface d'une sphère.

(1) Les indices ν et $\nu+5$ sont considérés comme identiques.

La surface de Riemann engendrée par les valeurs d'une fonction méromorphe dans tout le plan fini contient des cercles non ramifiés d'un rayon angulaire supérieur à $\pi/4 - \varepsilon$, ε étant un nombre positif arbitrairement petit.

On peut en effet trouver, sur la surface d'une sphère, cinq cercles de rayon angulaire $\pi/4$ n'empiétant pas les uns sur les autres.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Le problème de Cauchy pour les équations de M. Dirac.* Note [1] de M. N. **Théodoresco**, présentée par M. J. Hadamard.

Le système

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{1}{ic}\dfrac{\partial\varphi_3}{\partial t} + i\dfrac{\partial\varphi_4}{\partial x} - \dfrac{\partial\varphi_4}{\partial y} + i\dfrac{\partial\varphi_3}{\partial z} + \dfrac{m_0 c}{h}\varphi_1 = 0, \\ \dfrac{1}{ic}\dfrac{\partial\varphi_4}{\partial t} + i\dfrac{\partial\varphi_3}{\partial x} - \dfrac{\partial\varphi_3}{\partial y} - i\dfrac{\partial\varphi_4}{\partial z} + \dfrac{m_0 c}{h}\varphi_2 = 0, \\ \dfrac{1}{ic}\dfrac{\partial\varphi_1}{\partial t} + i\dfrac{\partial\varphi_2}{\partial x} - \dfrac{\partial\varphi_2}{\partial y} - i\dfrac{\partial\varphi_1}{\partial z} + \dfrac{m_0 c}{h}\varphi_3 = 0, \\ \dfrac{1}{ic}\dfrac{\partial\varphi_2}{\partial t} - i\dfrac{\partial\varphi_1}{\partial x} + \dfrac{\partial\varphi_1}{\partial y} + i\dfrac{\partial\varphi_2}{\partial z} + \dfrac{m_0 c}{h}\varphi_4 = 0, \end{cases}$$

proposé par M. Dirac pour la mécanique de l'électron magnétique, conduit à l'équation

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} - \frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} - \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} - \frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} + \frac{m^2c^2}{h^2}\varphi = 0,$$

qui est vérifiée par les fonctions $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$.

Si l'on pose

$$(2)\quad \Phi_i = \varphi e^{\frac{m_0 ci}{h}u},$$

u étant une variable auxiliaire, le système (1) se ramène à l'équation des ondes

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} - \frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} - \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} - \frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} - \frac{\partial^2\varphi}{\partial u^2} = 0,$$

dans un espace à cinq dimensions.

C'est ce qui nous a suggéré l'idée de déduire la solution du problème pour ce système de celle que nous avons donnée récemment pour les systèmes qui conduisent à l'équation des ondes [2].

---

[1] Séance du 21 mars 1932.

[2] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 583.

Soit donc un système de la forme

$$(3)\qquad \sum_k \gamma^k \frac{\partial\varphi}{\partial x_k} + i\alpha\gamma^0\varphi = \psi \qquad (i,\ h \geqq 1,\ 2,\ \ldots,\ p;\ k = 1,\ 2,\ \ldots,\ 2m),$$

où les coefficients γ^k_{ih} sont des constantes complexes, les fonctions ψ analytiques et complexes aussi, α une constante complexe.

Supposons que l'on ait

$$\bar{\gamma}^h\gamma^k + \bar{\gamma}^k\gamma^h = 2\,\delta^{hk}e$$

avec

$$\delta^{hk} = \begin{cases} 0 & \text{si } h \neq k \\ \varepsilon_h & \text{si } h = k \end{cases} \qquad (h,\ k = 0,\ 1,\ \ldots,\ 2m;\ e = \text{matrice unité}).$$

Supposons, en outre, que

$$\varepsilon_0,\ \varepsilon_1 = 1, \qquad \varepsilon_2,\ \varepsilon_3,\ \ldots,\ \varepsilon_{2m} = -1.$$

Par le changement de fonctions

$$(4)\qquad \Phi = \varphi e^{\alpha u}, \qquad \Psi = \psi e^{\alpha u},$$

le système (3) devient

$$\mathrm{F}\Phi = \sum_k \gamma^k \frac{\partial\Phi}{\partial x_k} + i\gamma^0 \frac{\partial\Phi}{\partial u} = \Psi,$$

et l'on a

$$\bar{\mathrm{F}}\,\mathrm{F} = \sum_k \varepsilon_k \frac{\partial^2}{\partial x_k^2} - \varepsilon_0 \frac{\partial^2}{\partial u^2} = \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} - \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} - \ldots - \frac{\partial^2}{\partial u^2}.$$

On est, par conséquent, dans le cas d'un système à un nombre impair de variables indépendantes, se réduisant à l'équation des ondes correspondantes.

La variable u s'élimine par une application convenable du *principe de descente* de M. Hadamard.

Tous calculs effectués, on arrive à la formule suivante qui résout le problème de Cauchy pour le système (3)

$$\begin{aligned}
\pi^{m-1}\varphi_{\mathrm{P}} = {} & \int_{\mathrm{S}} (\mu\bar{\gamma})(n\gamma)\,\mathrm{J}_0^{(m)}(\alpha\sqrt{-\rho})\,\varphi_{\mathrm{M}}\,d\sigma_{\mathrm{M}} + \int_{\Omega} (\mu\bar{\gamma})\,\mathrm{J}_0^{(m)}(\alpha\sqrt{-\rho})\,\psi_{\mathrm{M}}\,d\omega_{\mathrm{M}} \\
& - \bar{\gamma}^0 \left[\int_{\mathrm{S}} (n\gamma)\,\mathrm{J}_2^{(m)}(\alpha\sqrt{-\rho})\,\varphi_{\mathrm{M}}\,d\sigma_{\mathrm{M}} + \int_{\Omega} \mathrm{J}_2^{(m)}(\alpha\sqrt{-\rho})\,\psi_{\mathrm{M}}\,d\omega_{\mathrm{M}} \right] \\
& - \sum_{h=1}^{m} \frac{\alpha^{2(m-h)}(-1)^h}{2^{2(m-h)}(m-h)!} \frac{d^h}{d\lambda^h}_{(\lambda=0)} \left[\int_{\mathrm{S}_2} (\mu\bar{\gamma})(n\gamma)\,\varphi_{\mathrm{M}}\,d\sigma_{\mathrm{M}} + \int_{\Omega_2} (\mu\bar{\gamma})\,\psi_{\mathrm{M}}\,d\omega_{\mathrm{M}} \right] \\
& + \bar{\gamma}^0 \sum_{h=1}^{m-1} \frac{\alpha^{2(m-h)-1}(-1)^h}{2^{2(m-h)-1}(m-h-1)!} \frac{d^h}{d\lambda^h}_{(\lambda=0)} \left[\int_{\mathrm{S}_2} (n\gamma)\,\varphi_{\mathrm{M}}\,d\sigma_{\mathrm{M}} + \int_{\Omega_2} \psi_{\mathrm{M}}\,d\omega_{\mathrm{M}} \right].
\end{aligned}$$

$J_0(\xi)$ étant la fonction de Bessel, les indices supérieurs et inférieurs indiquant des dérivations respectivement par rapport à ρ et α.

On revient au système de Dirac si l'on fait $\alpha = m_0 ci/h$; $m = 2$; $\psi \equiv 0$, la surface S qui porte les données de Cauchy étant l'espace euclidien ordinaire. Il faut, en outre, remplacer partout t par ct.

ACOUSTIQUE APPLIQUÉE. — *Le sondage acoustique par échos à bord d'aéronefs bruyants.* Note de M. **Charles Florisson**, présentée par M. Ch. Fabry.

En raison de la variabilité de la pression atmosphérique, les altimètres barométriques, employés seuls, ne font pas connaître l'altitude certaine de l'avion lors de l'approche du sol ou de la mer, par vol de nuit ou sans visibilité.

Le phénomène acoustique de l'écho, au contraire, fournit une solution satisfaisante, en principe, mais le bruit intense des moteurs, des hélices et des tourbillons d'air n'a pas permis, à ma connaissance, d'obtenir jusqu'ici des résultats réellement pratiques

J'ai pensé, en 1929, qu'il devait être possible de surmonter ces difficultés en transposant dans le domaine aérodynamique les remarques que j'avais pu faire dans le domaine hydrodynamique à l'occasion de la mise au point des appareils de sondage par échos, en particulier à bord des navires très rapides.

En sondage sous-marin, des résultats pratiques excellents ont été obtenus sur navires moyennement rapides par l'emploi conjugué des dispositions suivantes : émission acoustique de fréquence très élevée (ultra-sons suivant les procédés Langevin-Chilowsky) joignant à l'avantage de la directivité celui d'éloigner la fréquence de travail des fréquences moyennes des bruits d'eau parasites du navire en marche; sondages renouvelés automatiquement à chaque seconde environ; liaison du récepteur à l'appareil de lecture aussi directe que possible (emploi de l'oscillographie et élimination de tout dispositif à relais). Sur les navires très rapides je réduisis les bruits d'eau à un niveau très faible et non gênant en disposant l'émetteur-récepteur dans le plan même du bordé (suppression des tourbillons dus aux discontinuités des formes).

M'appuyant sur ces données j'ai pu, après quelques recherches, obtenir sur avion, malgré les bruits violents, de bons résultats pratiques à l'aide d'un altimètre acoustique comportant les dispositions suivantes :

L'émetteur sonore est constitué par un sifflet à air comprimé placé au

sommet d'un cône directeur braqué vers le sol et fixé dans la carlingue de façon que son ouverture soit dans le plan du bordé de celle-ci. Une émission extrêmement brève (pour permettre les mesures même très près du sol) est obtenue 40 fois par minute environ à l'aide d'un clapet électromagnétique à ouverture brutale déchargeant dans le sifflet l'air comprimé contenu dans un petit réservoir-relais. Après chaque coup de sifflet le réservoir-relais, relié de façon constante à la source d'air comprimé par un conduit étranglé, se recharge à la pression d'émission.

La réception de l'écho est obtenue aisément à l'oreille à l'aide d'un conduit acoustique reliant l'observateur à un cône récepteur dirigé vers le bas et placé dans la carlingue, sans aspérité hors du bordé (les ouvertures des cônes récepteur et émetteur sont fermées dans le plan de l'entoilage par une légère étoffe tendue, de façon à éviter les remous). L'observateur a devant lui un chronographe à mouvement d'horlogerie gradué directement en distances au sol, dont l'aiguille fait le tour du cadran en 1,5 seconde environ. Une came calée sur l'axe de l'aiguille actionne le contact commandant le clapet d'émission chaque fois que l'aiguille passe devant le zéro du cadran. Dès la mise en marche du chronographe les émissions sont obtenues automatiquement et l'observateur lit la distance au sol en observant le point du cadran devant lequel passe l'aiguille lors de l'audition de l'écho. L'expérience montre que les lectures sont très aisées.

Le dispositif fut mis au point d'abord au laboratoire, puis sur une voiture automobile (sondage horizontal sur des pignons de maisons), puis, enfin, sur avion, en décembre 1931. Dès le premier vol effectué le 17 décembre, je pus sonder entre 10^m environ et 120^m, le moteur de l'avion tournant à sa vitesse normale. En réduisant la vitesse du moteur à 600 tours/minute je sondais jusqu'à 240^m environ (portées qu'il sera aisé d'accroître, si besoin est). Par la suite, de nombreux vols ont montré que la lecture de la distance au sol peut actuellement être obtenue à partir de 5^m environ. J'ai vérifié également que la nature de l'écho (forme et puissance) donne d'intéressantes indications sur la nature du sol sous-jacent, par exemple : au-dessus d'un sol plan l'écho est la reproduction non déformée de l'émission; au-dessus d'un village on entend les échos successifs des toits et du sol; un plan d'eau calme donne des échos plus puissants que le sol; au-dessus d'un bois ou d'une pente les échos sont un peu assourdis, etc.

A la suite de ces essais il semble que les indications de l'altimètre acoustique, conjuguées avec celles des autres appareils de navigation, pourront être de nature à faciliter le vol sans visibilité et à permettre, tout au moins, l'amerrissage de nuit.

ÉLECTRICITÉ — *Sur un montage à réaction indépendante de la fréquence.* Note (¹) de MM. **L. Brillouin** et **M. Lévy**, présentée par M. Louis Lumière.

Les montages à réaction sont utilisés généralement sous forme d'oscillateurs ou d'amplificateurs sélectifs.

En basse fréquence, ces appareils rendraient de grands services s'ils pouvaient fonctionner dans toute l'étendue de la gamme acoustique (0 à 10000 périodes par exemple) avec des caractéristiques sensiblement invariables.

Les montages à réaction inductive ne satisfont pas à ces conditions parce que la résistance apparente $R + (L + KM)/C_\rho$ varie avec la fréquence de résonance; et les autres systèmes, à couplage rétroactifs, utilisent presque tous des selfs à noyau magnétique dont les propriétés varient rapidement avec la fréquence.

Nous avons cherché à éviter ces inconvénients en utilisant des couplages rétroactifs à circuit oscillant série et des selfs sans fer, dont la résistance, nécessairement très élevée, est compensée par un montage spécial en pont.

Schéma et principe. — Nous expliquerons le principe général en prenant pour exemple le schéma simplifié d'un appareil que nous avons effectivement réalisé.

Celui-ci se compose principalement d'un amplificateur à résistances dont la première lampe est une bigrille. Sur le circuit plaque de la dernière triode, sont montés les primaires de deux transformateurs, le secondaire de l'un alimentant un pont à trois résistances et un circuit oscillant série, et l'autre servant de sortie.

La tension fournie par la diagonale ED du pont (voir la figure) est appliquée sur l'une des grilles de la première lampe et sert de réaction.

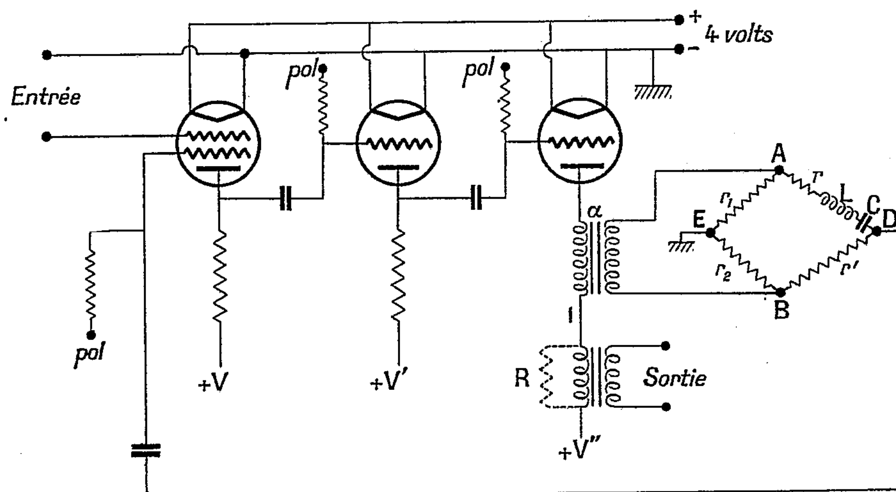
La tension RI de sortie est proportionnelle au courant I donné par l'équation

$$L\frac{d^2I}{dt^2} + \frac{\frac{\rho + R}{\alpha} + (r + r')(\alpha + KK'f) - KK'r'}{\alpha + KK'f}\frac{dI}{dt} + \frac{I}{C} = \frac{K}{\alpha(\alpha + KK'f)}\frac{du}{dt},$$

obtenue en appliquant la loi d'Ohm au circuit de la dernière lampe, et en

(¹) Séance du 21 mars 1932.

négligeant le courant qui passe dans la diagonale AEB dont la résistance $r_1 + r_2$ est très élevée par rapport à $r + r'$.



La mention *pol* indique des batteries de polarisation.

Notations. — L et C, self et capacité du circuit oscillant; ρ, résistance intérieure de la lampe; K, facteur dont est amplifiée la tension u appliquée à l'entrée, avant d'agir sur le dernier circuit plaque; KK', facteur d'amplification de la réaction; α, rapport d'amplification du transformateur de réaction; $f = r_2/(r_1 + r_2)$. *Les autres facteurs sont explicitement indiqués sur le schéma.*

Propriétés principales. — 1° Le montage peut fonctionner comme oscillateur ou comme amplificateur sélectif. On passe d'un des fonctionnements à l'autre en agissant sur la résistance variable r'.

2° La multiplicité des paramètres, ainsi que le principe de compensation par pont de la résistance de la self, permettent de choisir pour r des valeurs relativement élevées, tout en donnant à la résistance effective du circuit oscillant la valeur que l'on veut. On peut donc choisir des selfs sans fer en fil suffisamment fin pour que la résistance r soit indépendante de la fréquence.

3° En négligeant les pertes dans les capacités au mica, la résistance effective devient ainsi indépendante de la fréquence, tant que les autres facteurs le sont. Il s'ensuit que les caractéristiques de ces appareils varient très peu avec la fréquence.

Caractéristiques d'un appareil particulier. — L'appareil d'étude dont nous avons donné le schéma a les caractéristiques suivantes :

Self de 4 henrys en fil de 15/100, encombrement : 2 galettes de 5^{mm}

d'épaisseur et 12^{cm} de diamètre extérieur; résistance de l'ordre de 2000 ohms. $K =$ environ 50, $K' =$ environ 1, f réglable avec r_1 ou r_2, entre les limites : environ 1 à 1/15. $\alpha = 1/3$ ou 1/5.

Fonctionnement en oscillateur. — Avec la même self on peut couvrir la gamme de 20 à 15000 ou 20000 périodes par seconde. Aux très basses fréquences, on n'est limité que par la valeur des capacités dont on dispose. Avec des selfs à fer de quelques centaines d'henrys, on peut descendre à 3 ou 4 p. p. s.

Fonctionnement en amplificateur sélectif. — Sélectivité réglable avec le rhéostat r'. La constante de temps peut atteindre quelques secondes. Amplification variable avec la sélectivité. Elle peut atteindre facilement 10^5 en volts.

Fonctionne avec la même self jusqu'à 20000 p. p. s.

MAGNÉTISME. — *Point de Curie du ferro-cérium.* Note [1] de M. G. **Rassat**, transmise par M. A. Cotton.

Alors que le point de Curie des principaux corps ferro-magnétiques se trouve généralement à des températures assez élevées, j'ai observé que des échantillons de ferro-cérium utilisés pour les briquets, de teneur en fer voisine de 27,5 pour 100, perdent leur propriété d'être attirés par l'aimant, au voisinage de 40° C.

Pour des échantillons provenant de l'usine de Serquigny, de teneur en fer voisine de 32 pour 100, le phénomène est moins net. Il y a bien à 40° C. une assez forte diminution de l'attraction par l'aimant, mais cette attraction ne disparaît pas complètement et persiste même jusqu'à la température de combustion vive du ferro-cérium, ce qui semble indiquer qu'il ne s'agit pas d'un corps pur.

Cette propriété pourrait peut-être donner lieu à quelques applications : expériences de cours, avertisseur et régulateur de température, etc.

(1) Séance du 29 mars 1932.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la structure fine du rayonnement α du radiothorium.* Note de M. S. **Rosenblum** et M[lle] C. **Chamié**, présentée par M. A. Cotton.

Le radiothorium, émettant à la fois des rayons α et des rayons γ, nous avons entrepris l'examen du spectre magnétique α de ce corps à l'aide du grand électro-aimant de l'Académie des Sciences. Il faut remarquer que c'était pour la première fois que l'on déterminait directement les vitesses des rayons α du RdTh et de ses dérivés immédiats.

La matière première qui nous a servi était du $BaCl^2$ contenant du MsTh 1. On dissout le sel actif dans l'eau et l'on précipite à chaud par un excès d'acide chlorhydrique très pur le $BaCl^2$ qui entraîne le MsTh 1 et le ThX. On attend une demi-heure et l'on prélève la solution contenant le RdTh et le MsTh 2 à l'aide d'une pipette, en ayant soin de ne pas entraîner les cristaux de $BaCl^2$. La liqueur est évaporée à sec et l'on répète à nouveau la précipitation des dernières traces de $BaCl^2$ qui pourraient rester en solution. On évapore la solution qui contient le RdTh de façon à la réduire à un petit volume et l'on dépose alors à l'aide d'une pointe en verre étiré les gouttelettes du liquide concentré dans une rigole, de 2/10e de millimètre de largeur et 20^{mm} de longueur, aménagée dans une plaquette en or légèrement chauffée (le chauffage de la plaquette facilite l'écoulement des gouttes le long de la rigole). Une fois l'évaporation achevée, on obtient une source linéaire de RdTh presque exempte de matière étrangère. Nous avons étudié le spectre magnétique du RdTh et de ses dérivés à l'aide du dispositif expérimental précédemment décrit [1].

Nous avons pris quatre clichés, deux à l'aide de sources fraîchement préparées et deux à l'aide de sources vieilles où la présence du ThX était manifestée par la raie appartenant à ce corps et les raies des dérivés. Voici les résultats déduits de l'ensemble des quatre clichés :

Raies.	Vitesses (10^{-9} cm/sec).	Intensités.
ThA	1,802 (3)	
Th	1,736 (0)	
ThX	1,650 (8)	
{ RdTh α_1	1,612 (4)	Forte
{ RdTh α_2	1,600 (3)	Moyenne
α_X	1,594 (2)	Faible

[1] S. Rosenblum, *J. de Ph.*, 7e série, 1, 1930, p. 438.

Sur les clichés provenant des sources vieilles, tous les groupes existent. Dans le cas de sources fraîchement préparées (étude du spectre deux heures après) on ne voit que les raies RdThα_1 et RdThα_2 et très faiblement α_x, la valeur du champ magnétique utilisé peut se calculer à l'aide de la raie α ThC (ou ThC″) de vitesse connue et qui existe sur deux clichés.

La différence énergétique entre α_1 et α_2 est de 82 kilovolts-électrons.

Remarquons qu'un groupe γ de 84,1 kilovolts est signalé pour le Rd Th par Meitner (1). L'attribution de α_x est incertaine; si on l'attribue au Rd Th on aurait $\alpha_1 - \alpha_x = 123$ kilovolts-électrons, $\alpha_2 - \alpha_x = 42$ kilovolts-électrons. (Toutes les valeurs données sont corrigées en tenant compte de l'effet du recul de l'atome émetteur.) Si l'on attribuait la raie α_x au ThX on aurait αThX $- \alpha_x = 390$ kilovolts-électrons.

De nouvelles expériences avec des sources plus intenses permettraient de trancher la question de l'attribution de la raie α_x (2) et de l'existence d'autres composantes faibles. Il serait également intéressant de reprendre l'étude du spectre β du Rd Th pour voir si des composantes plus lentes voisines des composantes fortes n'existent pas dans ce spectre. Dans une publication ultérieure l'un de nous se propose de comparer les différences énergétiques qui existent entre les émissions α des corps successifs de la famille du Th aux émissions γ dans cette famille; on étudiera en détail les régularités numériques aperçues.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la diffusion individuelle des réactifs de Liesegang au sein de la gélatine.* Note (3) de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

Il est intéressant de contrôler certaines des circonstances de la formation des anneaux de Liesegang par l'étude de la diffusion individuelle des réactifs intéressés. Les expériences ont été pratiquées en déposant simplement une goutte du réactif sur une couche de gélatine recouvrant une plaque de verre.

La goutte de bichromate de potassium diffuse suivant une auréole trans-

(1) L. Meitner, *Zeit. f. Phys.*, 52, 1928, p. 637.

(2) La vitesse correspondant à α_x est sensiblement égale à celle des rayons α du polonium et il faut remarquer que la présence de polonium, quoique très peu probable, n'est pas tout à fait exclue.

(3) Séance du 29 mars 1932.

parente de teinte jaune, dont le bord estompé ne se prête pas à un enregistrement optique. D'après l'examen microphotométrique, qui ne trahit aucune discontinuité, cette auréole est d'opacité régulièrement décroissante à partir de la goutte.

D'autre part, la goutte de nitrate d'argent diffuse en déterminant, dans la gélatine, un louche qui permet de suivre aisément sa progression. Son auréole peut être éventuellement stratifiée, conformément à une observation de Moeller [1]. Les stries de Moeller rappellent, dans une certaine mesure, les anneaux secondaires de Liesegang, bien qu'en général plus fines encore et beaucoup plus sensibles à la lumière.

Si l'auréole du nitrate d'argent convient mal à un examen microphotométrique, à cause de sa sensibilité à la lumière, par contre son bord net est favorable à un enregistrement optique.

Le contour sensiblement parabolique de l'inscription obtenue décèle une progression en relation linéaire avec la racine carrée du temps écoulé, résultat à rapprocher d'observations antérieures [2], touchant les phénomènes de Liesegang.

Lorsque, sur une couche de gélatine, on dépose, à proximité l'une de l'autre, une goutte de bichromate de potassium et une goutte de nitrate d'argent, on assiste, après quelque temps, à l'attaque mutuelle, au sein du milieu, des auréoles respectives de diffusion. Dès l'établissement du contact, on voit l'auréole de nitrate d'argent se creuser comme sous la poussée de l'auréole de bichromate de potassium. Dans la zone commune aux deux auréoles, s'édifient des stratifications compliquées rougeâtres, symétriques par rapport à la ligne des centres, et que, sans doute, il s'agit de considérer comme des dégénérescences d'anneaux de Liesegang.

Action du champ électrique. — Nous avons en outre examiné de quelle manière l'influence du champ électrique est susceptible de s'exercer sur la diffusion de chacun des réactifs de Liesegang.

A cette fin la plaque de verre supportant la gélatine était bordée de deux feuilles de papier métallique, jouant le rôle d'électrodes parallèles. La goutte de réactif était déposée dans la partie médiane de la gélatine, de façon à éliminer, autant que possible, les réactions propres du milieu au champ. On opérait sous quelques volts.

---

(1) MOELLER, *Koll. Z.*, 20, 1917, p. 257.
(2) L. BULL et SUZANNE VEIL, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 682.

On constate que les auréoles sont toutes deux influencées par le champ, bien que de manière différente.

L'auréole de diffusion du bichromate de potassium se déforme, comme attirée par l'armature anodique, et repoussée par l'armature cathodique. Cessant alors d'être circulaire, elle emprunte une forme ovoïde, avec un rayon de courbure plus petit du côté anodique que du côté cathodique.

L'auréole de diffusion du nitrate d'argent perd, elle aussi, sa symétrie, mais en sens inverse, son plus petit rayon de courbure correspondant au côté cathodique. En outre, du fait des actions électrolytiques qu'elle subit, elle accuse une profonde altération d'aspect, dont les traits essentiels sont les suivants : avec le régime adopté, il se produit, du côté anodique de la goutte, vraisemblablement à cause de la libération d'ions azotiques, une récupération presque complète de la transparence, ne laissant plus guère discerner l'auréole que par un voile léger; du côté cathodique, la région exactement contiguë à la goutte se caractérise, au contraire, par un épaississement notable du louche, tandis qu'ultérieurement on retrouve une région quasi transparente.

La préparation évoque, dans une large mesure, les stratifications de Liesegang, obtenues sous champ appliqué avec dispositif similaire, figures décrites tout d'abord par Kisch (1).

L'analogie marque, une fois de plus, la parenté de ces divers processus.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Équilibres hétérogènes dans le système : chlorure de cadmium, chlorure de potassium et eau.* Note (2) de M. **H. Hering**, présentée par M. G. Urbain.

Les équilibres hétérogènes dans le système : chlorure de cadmium, chlorure de potassium et eau, ont été étudiés entre 19° et 55° par Käthe Sudhaus (3) en 1914; les phases solides qui interviennent sont Cl^2Cd, H^2O; Cl^2Cd, 2 1/2 H^2O; Cl^2Cd, ClK, H^2O; Cl^2Cd, 4ClK et ClK.

L'étude par voie sèche du couple Cl^2Cd — ClK, faite par Brand (4) en 1911, avait mis en évidence les mêmes composés, mais à l'état anhydre.

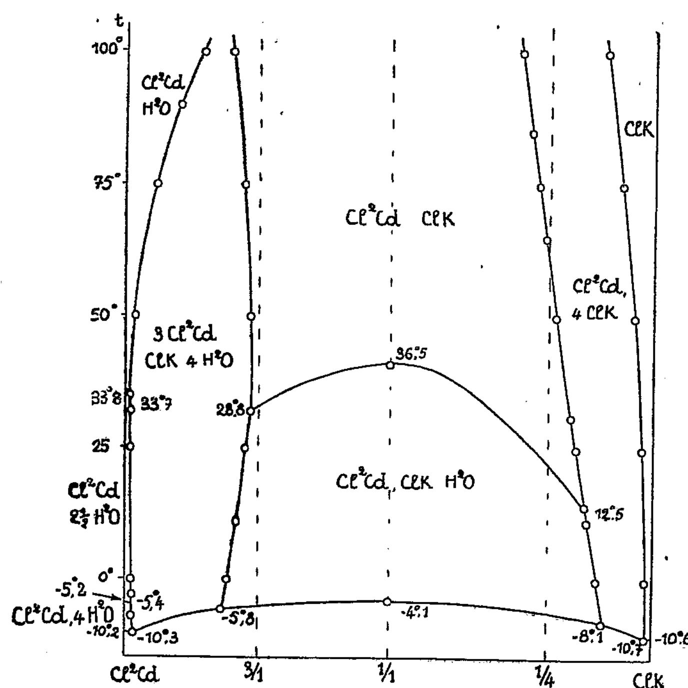
(1) Kisch, *Koll. Z.*, 49, 1929, p. 154.

(2) Séance du 29 mars 1932.

(3) Kathe Sudhaus, *N. Jb. Min.*, Beilage, Bd 37, 1914, p. 1.

(4) Brand, *N. Jb. Min.*, Beilage, Bd 32, 1911, p. 632.

D'autre part, l'étude cryoscopique faite par G. Urbain et E. Cornec [1] en 1914 montre qu'il existe dans les solutions un sel double ayant, abstraction faite de l'eau, la formule Cl^2Cd, ClK. L'étude ébullioscopique, faite en 1922 par Bourion et Rouyer [2], conduit au contraire à admettre l'existence en solution, soit de $2Cl^2Cd, 3ClK$, soit d'un mélange de Cl^2Cd, ClK et de $Cl^2Cd, 2ClK$. Ajoutons enfin que l'on a signalé l'exi-



stence de $Cl^2Cd, 2ClK$ anhydre [3] monohydraté [3] et hexahydraté [4].

Nous nous étions simplement proposé de compléter le travail de K. Sudhaus en opérant à des températures plus basses et à des températures plus hautes, mais nous avons dû reprendre entièrement la question, car le travail de cet auteur renferme de graves erreurs relatives à la nature des phases solides. Nous avons reconnu qu'il existe dans l'intervalle de

(1) Cornec et Urbain, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 1118.

(2) Bourion et Rouyer, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1708.

(3) Wells, Walden, *Z. anorg. Ch.*, 5, 1894, p. 266; Werner, *Z. anorg. Ch.*, 19, 1899, p. 166.

(4) Lipscomb et Hulett, *J. Phys. Chem.*, 20, 1916, p. 75.

température étudié par K. Sudhaus, outre les sels signalés, deux autres composés, Cl^2Cd, ClK, anhydre et un nouveau sel double, $3Cl^2Cd$, ClK, $4H^2O$.

En poursuivant notre travail depuis les températures d'eutexie jusqu'à 100°, nous n'avons pas trouvé d'autres sels doubles; en particulier il ne cristallise pas de composé Cl^2Cd, 2ClK ni $2Cl^2Cd$, 3ClK.

Les conditions de stabilité des différents solides en présence de solutions apparaissent nettement sur la figure ci-contre, où l'on a porté en abscisses les rapports en molécules du chlorure de potassium à la somme des deux sels dans les solutions saturées de deux solides, et en ordonnées les températures. Un sel double est à solubilité congruente ou non congruente, suivant que la droite en pointillé, correspondant au rapport moléculaire des sels simples dans le sel double, traverse ou ne traverse pas son domaine.

On savait ([1]) que la solubilité du composé Cl^2Cd, ClK était congruente, mais on croyait qu'il cristallisait toujours à l'état de monohydrate; il devient anhydre dès 36°,5 et ce point de transition est abaissé par addition soit de Cl^2Cd, soit de ClK. Il en est de même de son point d'eutexie (—4°,1).

Le sel double Cl^2Cd, 4ClK est décomposé par l'eau avec formation de Cl^2Cd, ClK, H^2O entre — 8°,1 et + 12°,9 et formation de Cl^2Cd, ClK de 12°,9 à 60°; au-dessus de 60° sa solubilité devient congruente contrairement à l'opinion de Rimbach ([2]). On remarquera que la frontière commune aux domaines du ClK et du Cl^2Cd, 4ClK doit couper la ligne pointillée 1/4 à une température élevée au-dessus de laquelle le sel double Cl^2Cd, 4ClK serait de nouveau décomposé par l'eau, mais cette fois avec production de ClK. Ceci est à rapprocher du fait que Cl^2Cd, 4ClK fond d'une manière non congruente à 461° en donnant du ClK ([3]).

Le domaine du nouveau sel double : $3Cl^2Cd$, ClK, $4H^2O$ est étendu; il existe depuis l'eutectique ternaire (—10°,3) et il ne disparaît qu'à une température voisine de 107°. Il se rapproche de la congruence vers 28°,8 mais il ne l'atteint pas; il est toujours décomposé par l'eau avec production de Cl^2Cd, ClK, anhydre ou hydraté, suivant que la température est supérieure ou inférieure à 28°,8.

([1]) Rimbach, *Ber. d. chem. Ges.*, **30**, 1897, p. 3079.

([2]) Rimbach, *Ber. d. chem. Ges.*, **38**, 1905, p. 1565.

([3]) Brand, *loc. cit.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'influence de certains agents sur la vitesse de formation et de décomposition thermique de quelques carbonates.* Note de MM. **J. Zawadzki** et **S. Bretsznajder**, présentée par M. C. Matignon.

Nous avons étudié l'action de la pression des gaz, de la température, de la composition de la phase solide, de même que l'influence d'autres agents sur la vitesse de décomposition de $CaCO^3$ ainsi que sur celle des réactions entre CO^2 et CaO ou CdO. Notre attention s'est portée surtout sur ces dernières réactions, la vitesse de formation des carbonates n'ayant été guère étudiée jusqu'à présent.

D'après Langmuir la formation et la décomposition thermique des sels n'ont lieu que sur les surfaces de contact des phases solides. La vitesse mesurée de ces réactions dépend des vitesses de dissociation et de recombinaison des gaz par la phase solide. A l'équilibre, on admet que la vitesse des deux phénomènes est la même. Ces considérations permettent d'exprimer la vitesse d'une réaction, dans laquelle n'intervient que le développement de germes et de noyaux déjà existants par l'équation

$$v = K.(p - P)$$

(K, constante dépendant de la température; p, pression mise en jeu; P, pression d'équilibre).

Nous avons trouvé cependant que la vitesse des réactions étudiées augmente en fonction de p beaucoup plus rapidement que ne l'indique la formule. Le phénomène ne dépend pas seulement de la vitesse du développement des cristaux, mais le rôle de la vitesse de formation des nouveaux germes gagne en importance à mesure que p s'éloigne de P.

Les résultats de l'étude de la vitesse des réactions qui nous intéressent en fonction de la composition des phases solides dépendent du mode opératoire. Si les conditions du travail ne sont pas favorables à la formation de nouveaux germes, ce qui a lieu quand on opère avec des pressions peu éloignées de celles de l'équilibre, les réactions se localisent presque entièrement à la surface de contact des phases solides. On observe alors (*fig.* 1) l'accélération de l'action de CO^2 sur les oxydes à mesure qu'augmente la teneur de l'oxyde en carbonate et que la surface de leur contact se développe. La courbe atteint le maximum au point du plus grand développement de cette surface. Aux étapes subséquentes, quand la transformation

de plus en plus complète de l'oxyde en carbonate entraîne la diminution de la surface de contact, la saturation se ralentit. La marche de la décomposition des carbonates dans ces conditions est analogue.

Quand cependant on fait agir sur les systèmes des pressions éloignées de l'équilibre, la vitesse de formation des germes des nouvelles phases est si grande, que la marche des réactions est très rapide dès le début. Elle faiblit toutefois beaucoup à mesure du progrès des réactions. L'oxyde peut même

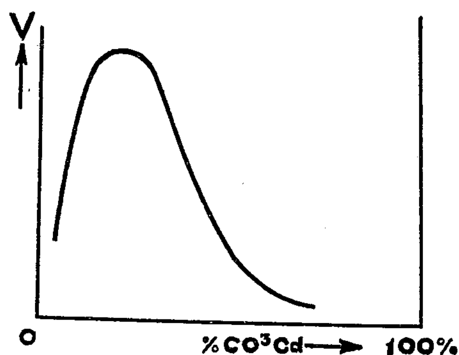


Fig. 1.

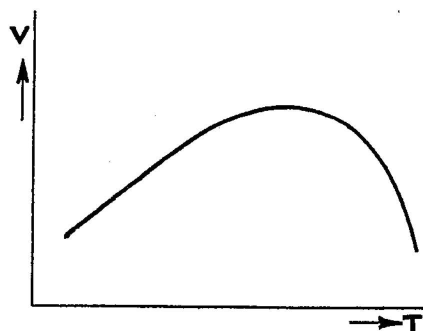


Fig. 2.

devenir complètement inactif n'étant saturé qu'à moitié, après avoir subi l'action prolongée d'une grande surpression de CO^2. La vitesse d'adsorption des gaz ainsi que celle de la décomposition de la phase solide deviennent alors extrêmement lentes.

On peut rétablir l'activité des systèmes en interrompant pour quelque temps l'action des gaz. Ainsi la vitesse initiale d'adsorption d'une portion de CO^2 par les oxydes partiellement saturés dépasse sensiblement, après quelques heures de repos du système, celle des étapes finales d'une saturation précédente.

Nous sommes d'avis que l'accélération de la marche des réactions après le repos d'un système dépend de la transformation spontanée en corpuscules plus grands des germes formés sur sa surface active pendant l'action du gaz. Cette transformation, dont la marche est lente, libère une fraction de la surface de l'oxyde occupée antérieurement par les germes.

La passivité d'un système se manifeste quand ses surfaces actives sont entièrement recouvertes de germes de cristaux enveloppant l'oxyde d'une couche de carbonate. Il ne peut y avoir alors ni action de gaz sur l'oxyde, ni formation de germes.

En déterminant le coefficient thermique de la vitesse de décomposition

des carbonates, on ne tenait pas compte jusqu'ici de l'action de la pression. Il résulte de nos expériences que la courbe de vitesse d'adsorption isobare de CO^2 par CaO (*fig.* 2) passe par un maximum.

L'accélération de la marche de la réaction, due à l'élévation de la température, l'emporte sur le ralentissement, résultant de la diminution de $p-P$, jusqu'au moment où la vitesse atteint le maximum. Au delà de ce point, l'influence de l'accroissement de P avec la température devient toujours plus nette et la réaction se ralentit.

CHIMIE MINÉRALE. — *Appareil enregistreur pour dosages potentiométriques.* Note [1] de M. **Pierre Dubois**, présentée par M. G. Urbain.

MM. Jolibois et Fouretier [2] ont réalisé un dispositif original permettant l'enregistrement photographique des réactions entre électrolytes. A ce propos, je signalerai que j'utilise aussi, depuis un an, un appareil pour le dosage du manganèse par électrotitrimétrie. Il a été mis au point par des titrages simples : acide base et a toujours donné de bons résultats.

Principe. — La quantité de réactif nécessaire au virage est déterminée à l'aide d'une balance spéciale.

D'autre part, avec une électrode de référence E et une électrode indicatrice *e* reliées à un galvanomètre, on suit, grâce à un dispositif optique, et en fonction de la quantité de réactif versé, l'évolution d'une réaction chimique.

Description. — Une plate-forme que fait tourner le moteur M porte un bécher où le liquide est chauffé par une résistance électrique entourée d'un tube en silice S. Grâce à un régulateur à mercure R agissant, par l'intermédiaire d'un relais, sur le courant de chauffage, la constance de la température est assurée à 1/2 degré près (*fig.* 1).

Le robinet de la burette B est terminé par un tube capillaire plongeant dans le liquide et amenant le réactif d'une façon lente et continue.

La burette est portée par un dispositif spécial à l'extrémité du fléau d'une balance à amortisseur à glycérine A, de sensibilité réglable par *r* à environ 10^{mg}.

Dans le prolongement de l'arête du couteau C une tige solidaire du

(1) Séance du 21 mars 1932.

(2) Jolibois et Fouretier, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 872.

fléau porte un miroir plan M_1, incliné à 45° sur l'horizontale, qui reçoit un faisceau de lumière cylindrique vertical (*fig.* 2).

Cette lumière donne après réflexion sur un miroir auxiliaire M_2 et le miroir du galvanomètre M_3 un spot sur la plaque de verre.

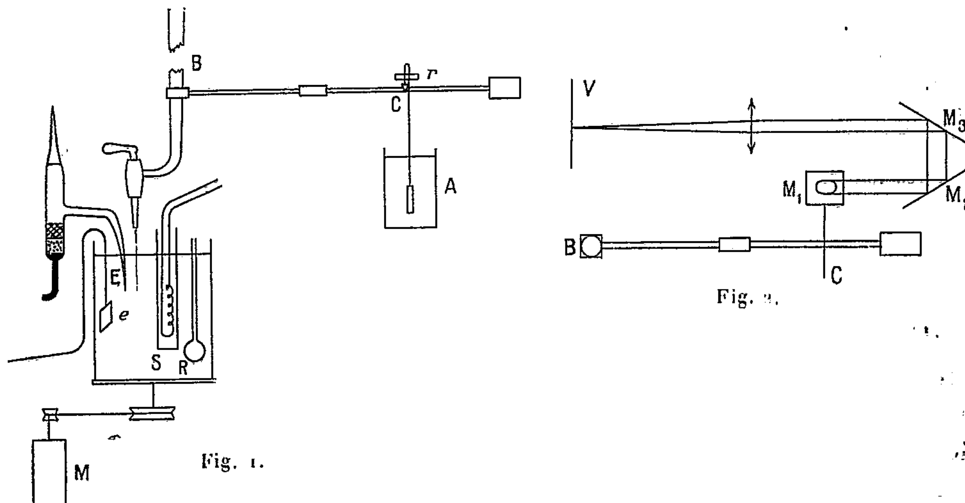


Fig. 1.

Fig. 2.

Exemple de dosage. — Du sulfate de manganèse en solution sulfurique, à pH 3 environ, est versé lentement dans 300$^{cm^3}$ d'une solution 5/100 *n* de permanganate de potassium à 60° additionnés de 5^{g} de sulfate de zinc.

L'écoulement de la burette est réglé en vue d'un débit très lent; et le fléau de la

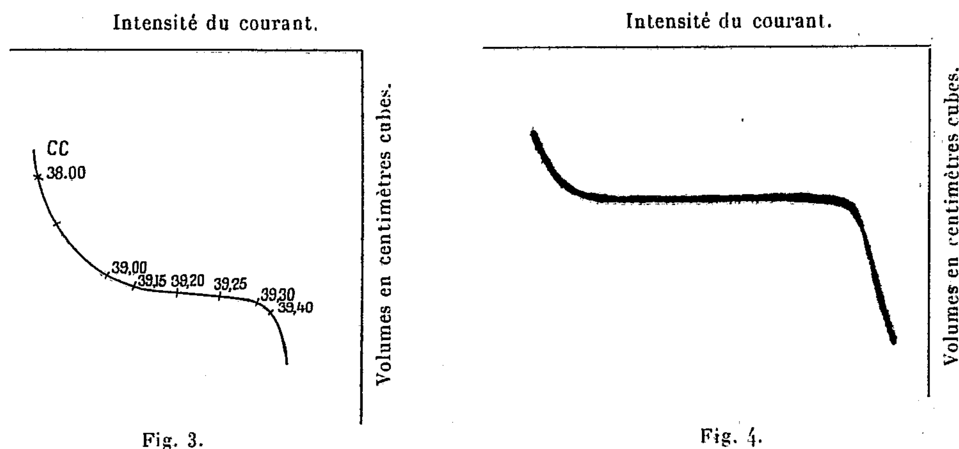


Fig. 3.

Fig. 4.

balance libéré lorsque le galvanomètre commence à dévier (38$^{cm^3}$ sur la courbe) (*fig.* 3).

Sur papier millimétré collé sur la plaque de verre on trace au crayon cette courbe, sur laquelle on indique les volumes lus sur la burette.

Dans cet exemple, le virage a lieu pour $39^{cm^3},20$ et l'on devrait trouver $39^{cm^3},30$ d'après le calcul. Le sel manganeux a été, en effet, préparé en dosant du permanganate par l'acide oxalique, et l'on a fait pour le dosage potentiométrique une dilution convenable des deux réactifs.

E. Müller et O. Wahle (¹) ont réalisé les premiers l'électrotitrimétrie du manganèse.

La photographie obtenue en remplaçant le verre par une plaque sensible montre la régularité du déplacement du spot (*fig.* 4).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage du sulfate de baryum dans les minerais de fer*. Note (²) de MM. **Ed. Chauvenet** et **P. Avrard**, présentée par M. G. Urbain.

L'usage des méthodes ordinaires de la voie aqueuse dans le dosage du sulfate de baryum qui se trouve dans certains minerais de fer ne peut conduire qu'à des résultats erronés; en effet ce corps est soluble dans les solutions avec lesquelles il est nécessairement en contact dans certains stades de l'analyse : chlorure ferrique, chlorure de manganèse, chlorure d'aluminium, chlorure de sodium, acide chlorhydrique, etc.

Nous avons donc été amenés à rechercher une méthode de dosage du sulfate de baryum plus précise, en évitant son contact avec les solutions qui le solubilisent, ou du moins en diminuant le plus possible, dans les opérations analytiques, le nombre des substances qui ont une action sur la solubilité de ce corps.

Dans ce but, nous faisons l'attaque du minerai au moyen d'un agent de chloruration (nous avons adopté le tétrachlorure de carbone à cause de son maniement facile) lequel transforme certains constituants du minerai en chlorures volatils (Cl^3Fe, Cl^3Al), d'autres en chlorures fixes (Cl^2Ba, Cl^2Mn, Cl^2Ca, Cl^2Mg) tandis qu'il est sans action sur d'autres (silice, silicates de fer et d'aluminium, etc.).

Nous ne pouvons donner ici qu'une description brève du mode opératoire employé pour doser non pas la totalité des éléments qui se trouvent dans le minerai de fer, mais un certain nombre seulement : fer à l'état d'oxyde et à l'état de silicate, baryum total (carbonate et sulfate), manganèse et silice; mais le même mode opératoire peut permettre de doser d'autres éléments, l'aluminium, le calcium et le magnésium en particulier.

Le minerai placé dans une nacelle est introduit dans un tube de quartz,

(¹) *Zeit. f. anorganische Chemie*, 129, 1923, p. 33.

(²) Séance du 29 mars 1932.

dans lequel arrive de la vapeur de tétrachlorure de carbone; lorsque tout l'air est chassé (on active cette opération en faisant le vide dans le dispositif), on chauffe progressivement le tube jusqu'à 450° environ. Pour 1g de minerai utilisé, une trentaine de minutes suffisent pour effectuer la chloruration des oxydes de fer et d'aluminium. Le chlorure ferrique et le chlorure d'aluminium se volatilisent et vont se condenser dans des récipients placés à la suite du tube; ces chlorures se dissolvent en majeure partie dans le tétrachlorure de carbone et leur extraction de cette solution est assez délicate; aussi dans la plupart de nos essais nous n'avons pas retrouvé la totalité du fer.

La chloruration du manganèse, du calcium et du magnésium est assez lente à 450° et elle exige 1 à 2 heures; or, le contact prolongé du tétrachlorure de carbone avec la substance de la nacelle a pour effet de chlorurer non seulement le baryum du carbonate, mais aussi, bien qu'en faible quantité, le baryum du sulfate.

En résumé, après cette première opération, le minerai est privé des oxydes de fer et d'aluminium et la nacelle renferme les chlorures suivants : Cl^2Mn, Cl^2Ca, Cl^2Mg et Cl^2Ba.

Ces chlorures ne sont pas volatils à 450°; en effet les pressions de vapeur, en atmosphères, sont de :

0,001 à 1066° pour Cl^2Ba,
0,01 à 897° pour Cl^2Mg,
0,01 à 785° pour Cl^2Mn.

On épuise par l'eau la substance de la nacelle; les chlorures précédents se dissolvent et chacun d'eux peut être dosé dans cette liqueur; comme la proportion de calcium, de manganèse et de magnésium est généralement faible (c'est le cas des minerais du Maroc dont nous nous sommes occupés) la disparition du sulfate de baryum par solubilité dans cette solution est insignifiante. La partie insoluble dans l'eau est constituée par la silice, les silicates, le sulfate de baryum, par de l'oxyde de manganèse si la chloruration précédente n'a pas une durée suffisante, et presque toujours par un produit rouge vif (très faible quantité) qui n'est autre qu'un oxychlorure de fer. Cette masse est désagrégée par fusion alcaline, reprise par l'acide chlorhydrique et évaporée à sec.

Une nouvelle chloruration de ce résidu élimine le fer et l'aluminium des silicates.

La substance fixe est traitée par le moins d'eau possible pour dissoudre

le chlorure de baryum provenant de cette deuxième chloruration (Cl^2Ba qui se fait aux dépens de SO^4Ba) et éventuellement le chlorure de manganèse. Cette liqueur est réunie à la précédente afin d'éviter la multiplication des dosages.

Quant au résidu, on lui ajoute 2 à 4cm³ d'eau régale pour dissoudre l'oxychlorure de fer (lequel est réfractaire à la chloruration), on étend d'un peu d'eau, on filtre et la liqueur est réunie à celles qui renferment déjà ce métal.

Enfin la partie insoluble, constituée par la silice et le sulfate de baryum, subit un traitement à l'acide fluorhydrique, lequel sépare ces deux corps.

La durée totale de toutes les opérations qui précèdent est d'une dizaine d'heures et la quantité de minerai nécessaire peut être réduite à 1g.

RÉSULTATS ANALYTIQUES (1).

Mélange artificiel.

	Quantités introduites.		Quantités retrouvées.	
	a.	*b.*	*a.*	*b.*
SiO^2	0,1880	0,340	0,1864	0,363
Ba	0,1800	0,366	0,196	0,366
Mn	0,0256	0,556	0,0270	0,566
Fe	0,836	0,034	0,824	0,031

Minerai naturel.

	Pour 100.	
SiO^2	8,76	8,86
Ba	9,82	9,84
Mn	2,34	2,39
Fe	41,1	41,4

Nous nous proposons de continuer nos recherches dans cette voie et de rechercher en particulier si, par cette méthode de séparation, on peut doser les autres constituants normaux d'un minerai de fer.

(1) Nous avons fait une centaine d'analyses.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage du molybdène par le permanganate de potassium.* Note (¹) de MM. E. CARRIÈRE et RAYMOND LAUTIÉ, présentée par M. C. Matignon.

Pisani (*Comptes rendus*, 59, 1864, p. 301) a eu le premier l'idée de réduire en liqueur chlorhydrique un molybdate par le zinc et de ramener ensuite par addition d'une solution titrée de permanganate de potassium le sel de molybdène à l'état d'acide molybdique. Le procédé indiqué d'une manière très concise a fait l'objet de diverses recherches qui ont conduit à des résultats qui n'ont pas été toujours concordants.

Wernicke (*Zeitschrift für analyt. Chem.*, 14, 1875, p. 1), en effectuant la réduction en milieu sulfurique, a obtenu un sel de molybdène correspondant à l'oxyde $Mo^{12}O^{19}$.

Von der Pfordten (*Berichte d. chem. Ges.*, 15, 1882, p. 1925) trouva que la réduction par le zinc soit en milieu chlorhydrique, soit en milieu sulfurique conduit à un sel de molybdène correspondant à l'oxyde Mo^5O^7. La solution abandonnée quelques instants à l'air s'oxyde rapidement et il y a formation d'un sel correspondant à Mo^2O^3.

Schiff (*Berichte d. chem. Ges.*, 8, 1875, p. 258), rapportant des essais de Macagno, critique l'exactitude du dosage du molybdène basé sur la réduction de l'acide molybdique par le zinc.

M. Denigès (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 330), en remplaçant le zinc par l'aluminium en feuille et en utilisant l'acide sulfurique, a réduit l'acide molybdique à l'état de sel de Mo^5O^5.

M. Kassler (*Zeitschrift für analyt. Chem.*, 75, 1928, p. 457) a bien réalisé une réduction quantitative de l'acide molybdique à l'état d'un sel de molybdène trivalent correspondant à Mo^2O^3.

Dans le but d'étudier la réduction de l'acide molybdique par le zinc, nous dissolvons dans une fiole d'Erlenmeyer un poids exactement pesé de molybdate de potassium pur ($0^g,5$ environ) dans 150^{cm^3} d'acide sulfurique à 18 pour 100. Le molybdate de potassium a été préalablement analysé. On ajoute 15^g environ de zinc pur étiré en fil. Le zinc en grenaille ou en petites billes n'a pas donné des résultats satisfaisants.

La réduction est pratiquée par chauffage à 50-60°. Quand tout le zinc a disparu on opère sous l'anhydride carbonique. On refroidit extérieurement la solution qui est ensuite filtrée au sein d'anhydride carbonique sur un peu de zinc en fil. La liqueur filtrée, recueillie dans une fiole d'Erlenmeyer remplie d'anhydride carbonique, est titrée au moyen d'une solution renfermant $3^g,15$ de permanganate de potassium par litre. De ce titrage nous

(¹) Séance du 21 mars 1932.

concluons que la solution provenant de la réduction renferme un sel de molybdène correspondant à l'oxyde Mo^2O^3. A partir de la liqueur de réduction nous avons d'ailleurs isolé cet oxyde Mo^2O^3.

En doublant le poids de zinc en fil et le volume d'acide sulfurique à 18 pour 100 employé pour la réduction, on observe que le terme de la réduction n'a pas changé, on obtient toujours le même sel correspondant à l'oxyde Mo^2O^3.

En faisant croître la quantité d'acide par rapport à celle du zinc la réduction semble être légèrement plus accentuée.

En remplaçant l'acide sulfurique par l'acide chlorhydrique on trouve des résultats moins concordants.

Par emploi d'une quantité trop faible en zinc, la réduction, insuffisamment énergique, n'est pas totale.

En résumé, la transformation par réduction de l'acide molybdique au moyen du zinc et de l'acide sulfurique, dans les conditions indiquées, s'arrête à la formation d'un sel de molybdène correspondant à l'oxyde MoO^2. Ce sel représente dans la réduction de l'acide molybdique un palier bien déterminé.

La réduction par le zinc peut servir à l'étude de dérivés du molybdène correspondant à d'autres degrés de réduction. Pour connaître ces divers degrés de réduction, par emploi de la solution de permanganate de potassium titré, on passe du degré de réduction à établir à l'acide molybdique; puis par une réduction au zinc on passe de l'acide molybdique au degré Mo^2O^3. Un second titrage au permanganate permet de revenir à l'acide molybdique. Au moyen des deux titrages au permanganate on compare le degré de réduction à établir avec Mo^2O^3.

Nous étendons cette méthode à l'étude des dérivés du molybdène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Un nouvel exemple de transposition allylique.* Note (1) de MM. **A. Kirrmann** et **R. Rambaud**, présentée par M. G. Urbain.

La transposition allylique, représentée par les formules suivantes :



$$CH^2{=}CH-CHRX \rightarrow CH^2X-CH{=}CHR$$

---

(1) Séance du 29 mars 1932.

semble présenter une grande généralité. X représente un substituant mobile, capable de se détacher de la molécule dans des réactions de double décomposition. Il peut y avoir transposition totale (bromures), isomérie réversible (chlorures à 175°) ou substitution anormale (alcools), c'est-à-dire toutes les formes de la tautomérie. Le cas où R est un radical hydrocarboné a été étudié par Ch. Prévost [1]. L'un de nous a mis les mêmes faits en évidence quand R est un halogène [2]. Une discussion théorique de ces réactions a été basée sur des considérations ioniques (synionie) [3]. La présente Note étend ces résultats au cas où R est un groupe carboxyle.

Le nitrile vinylglycolique $CH^2=CH-CH(OH)-CN$ a été obtenu par l'acroléine et l'acide cyanhydrique [4], puis transformé en vinylglycolate d'éthyle [5]. Voici les constantes des deux corps :

Nitrile :

$Eb_{13}=90°$; $n_D^{20}=1,434$; $d_{20}=1,008$; R. M. = 21,67 (th. 21,56).

Éther sel :

$Eb_{15}=67\text{-}68°$; $n_D^{13}=1,436$; $d_{13}=1,050$; R. M. = 32,30 (th. 32,51).

La fonction alcool de l'éther-sel a été éthérifiée par l'anhydride acétique. On obtient ainsi, conformément à la théorie, une acétine *normale*, dont les constantes sont :

$Eb_{15}=89°$; $n_D^{16}=1,429$; $d_{16}=1,055$; R. M. = 42,00 (th. 41,76).

Son point d'ébullition est donc bien voisin de celui de son analogue saturé (198° sous 760mm). Par saponification au moyen de soude normale on retrouve effectivement l'acide vinylglycolique. L'acétine répond donc à la formule $CH^2=CH-CH(OCOCH^3)COOC^2H^5$, vérifiée également par l'analyse.

Par contre, on observe l'isomérisation attendue lorsqu'on attaque le vinylglycolate d'éthyle par le tribromure de phosphore. On isole en effet un bromure dont les constantes sont :

$Eb_{14}=100°$; $n_D^{21}=1,4905$; $d_{21}=1,407$; R. M. = 39,71 (th. 38,75).

---

(1) Ch. Prévost, *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 1052.
(2) A. Kirrmann, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **47**, 1930, p. 834.
(3) Prévost et Kirrmann, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **49**, 1931, p. 226.
(4) Boëseken, *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, **35**, 1915, p. 276.
(5) Van Sleen, *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, **21**, 1902, p. 209.

Son point d'ébullition ne correspond pas à celui de l'éther α-bromobutyrique (177° sous 760^{mm}), mais à celui de l'isomère γ(196°). Le corps obtenu doit donc répondre à la formule $CH^2Br - CH = CH - COOC^2H^5$.

L'isomérisation est confirmée par l'action de l'acétate de sodium. On obtient en effet une acétine isomère de la précédente, bouillant 30° plus haut, c'est-à-dire au point attendu pour une fonction primaire.

$Eb_{15} = 119\text{-}120°$; $n_D^{23} = 1,4445$; $d_{23} = 1,075$; R.M. = 42,52 (th. 41,76).

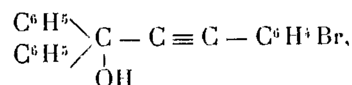
Bromure et acétine présentent des exaltations de la réfraction moléculaire comme d'autres composés analogues. La saponification de l'acétine γ n'a pas donné l'acide vinylglycolique, mais un isomère qui sera étudié ultérieurement.

En résumé, la transposition allylique se fait dans le cas présent comme dans les exemples antérieurs. Des études en cours montreront si elle est totale ou partielle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les arylcarbinols acétyléniques. Le parabromophényléthinyldiphénylcarbinol et ses dérivés; sa transformation en cétone éthylénique.* Note (1) de M. **Nicolas Drisch**, présentée par M. M. Delépine.

Continuant les recherches entreprises dans la série des arylcarbinols acétyléniques (2), molécules génératrices des rubrènes, j'ai été conduit à préparer le parabromophényléthinyldiphénylcarbi nolet à étudier quelques-uns de ses dérivés.

Le carbinol a été obtenu par action du parabromophénylacétylène (3) sur le bromure de phénylmagnésium. Après décomposition par l'eau du complexe magnésien formé, on obtient le parabromophényléthinyldiphénylcarbinol



avec un rendement de 60 pour 100. Après cristallisation dans la ligroïne,

(1) Séance du 21 mars 1932.

(2) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et C. Mackall, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 33, 1923, p. 934; A. Willemart, *Ann. de Chimie*, 10e série, 12, 1929, p. 345.

(3) Ch. Dufraisse et R. Dequesnes, *Bull. Soc. chim.*, 4e série 49, 1931, p. 1880.

il fond à 99-100°. L'analyse élémentaire est en accord avec la composition brute $C^{21}H^{15}BrO$.

J'ai préparé quelques dérivés caractéristiques de ce carbinol, en particulier ses éthers oxydes et son éther chlorhydrique. L'éther-oxyde méthylique $C^{22}H^{17}BrO$, F = 144-145°, s'obtient aisément par action de l'acide sulfurique concentré à froid sur le carbinol en solution dans l'alcool méthylique, avec un rendement presque intégral. En employant l'alcool éthylique on obtient de la même manière l'éther-oxyde éthylique $C^{23}H^{19}BrO$, F = 108-109°.

L'éther chlorhydrique du bromocarbinol $C^{21}H^{14}BrCl$ a été préparé par action du trichlorure de phosphore sur une suspension du carbinol dans l'éther de pétrole; après cristallisation dans l'éther, on obtient l'éther chlorhydrique sous forme d'aiguilles incolores ayant leur point de fusion instantané à 108-109° avec décomposition. L'éther chlorhydrique, pur et sec, présente une stabilité assez grande à froid et on peut le conserver plusieurs jours sans altération notable. Chauffé lentement, il commence à se décomposer à partir de 95° en donnant une masse rouge et l'on observe un dégagement tumultueux d'acide chlorhydrique. Le résidu de la décomposition est constitué en majeure partie par le dibromorubrène (¹). La décomposition, comme celle de l'éther chlorhydrique du phényléthinyldiphénylcarbinol, est fortement exothermique.

Tous les arylcarbinols acétyléniques déjà décrits possèdent la propriété de s'isomériser facilement en donnant une cétone éthylénique, et une théorie a été proposée pour expliquer le mécanisme de cette réaction (²).

Cette transformation a été réalisée sur le bromocarbinol soit par ébullition du carbinol dans l'alcool en présence d'acide chlorhydrique, soit à partir de l'éther chlorhydrique, par chauffage de sa solution alcoolique. Dans les deux cas on obtient un corps jaune clair, fondant à 120°. D'après l'analyse élémentaire, sa composition centésimale $C^{21}H^{15}BrO$ est identique à celle du carbinol initial. Ce corps jaune, qui fournit toutes les réactions d'une cétone éthylénique (³), est le parabromobenzoyldiphényl-

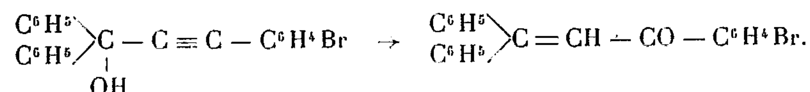
---

(¹) CH. DUFRAISSE et N. DRISCH, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 619.

(²) K. MEYER et K. SCHUSTER, *Ber. d. chem. Ges.*, **55**, 1922, p. 819; CH. MOUREU, CH. DUFRAISSE et C. MACKALL, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, **33**, 1923, p. 934; A. VILLEMART, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 117.

(³) J. ROBIN, *Ann. de Chimie*, 10ᵉ série, **14**, 1932, p. 422.

éthylène, l'isomérisation se produisant suivant le schéma



Il est à noter que la transformation du carbinol en cétone éthylénique, qui se fait très rapidement dans le cas du phényléthinyldiphénylcarbinol, est plus difficile avec le carbinol bromé, un chauffage prolongé des solutions étant nécessaire pour obtenir une isomérisation totale.

L'introduction du brome dans un des noyaux ne modifie donc pas les propriétés générales des arylcarbinols acétyléniques. Le brome semble cependant apporter une stabilité plus grande à la molécule, en particulier en ralentissant la vitesse d'isomérisation.

GÉOLOGIE. — *Le mode de formation des gisements oolithiques en Lorraine et au Luxembourg.* Note (¹) de M. **J. P. Arend**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'oolithe, révélant les changements chimico-physiques intervenus pendant sa croissance et déterminant ou bien les rapports de constitution des minerais ou bien le degré de métamorphisme en résultant, précise encore une question à la fois importante et controversée : celle de *l'origine du fer*.

Il est un fait que chaque fois que des quantités minimes de schistes étaient incorporées dans les dépôts ferrugineux avant l'oolithification de ceux-ci, la formation de l'oolithe était toujours empêchée par des membranes imperméables, constituées par un enchevêtrement de fragments de quartz de 1 à 5$^{\mu}$ et de traces d'argile non colloïdale. Le flux de la micelle ainsi intercepté, les composés ferreux finissaient par s'oxyder sur place, en se congelant dans la gangue sous une forme presque eutectoïde.

La sensibilité de la réaction colloïdale étant prouvée, il paraît inadmissible qu'un hydrosol hydrocarbonaté, pur, riche en fer, homogène, de composition invariable pendant presque une époque géologique entière, ait pu se former, dans une lagune peu profonde, autrement que par l'intervention de sources hydrothermales ferrugineuses.

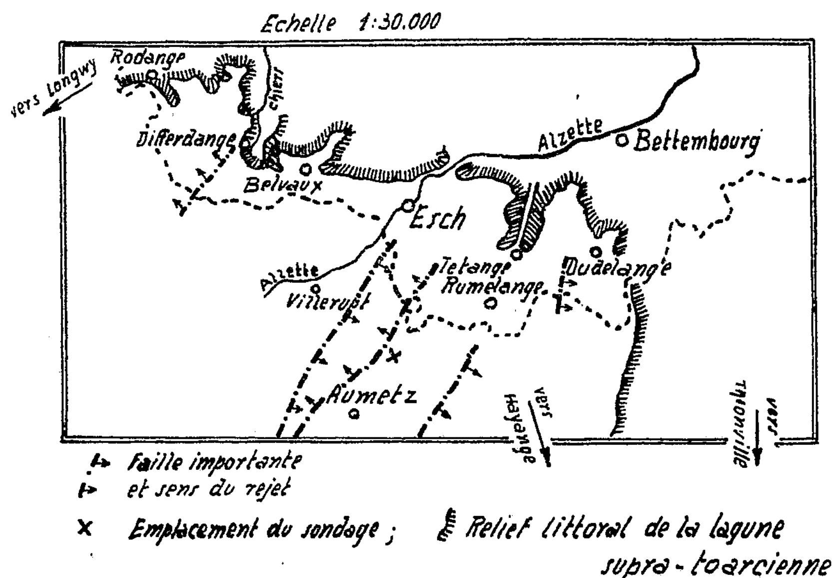
Villain (²) avait déjà admis l'origine thermale du fer, mais sans le

(¹) Séance du 21 mars 1932.

(²) *Comptes rendus*, 128, 1899, p. 1291.

prouver autrement que par le rapport entre la puissance des couches et l'importance des failles. Il avait constaté encore que la teneur en fer des minerais diminue d'autant plus que l'on s'éloigne davantage de la faille nourricière.

Mais, outre son rôle nourricier, chaque faille est encore caractérisée par la forme, la grosseur et la quantité des grains de quartz charriés par ses eaux, de sorte que chacune d'elles, de l'Est à l'Ouest, de Dudelange à



Longwy (voir la figure) est entourée de zones de minerais qui lui sont nettement particulières.

Il faut encore prouver que réellement les failles localisaient les sources d'eaux thermales et, si tel est le cas, démontrer le sens d'écoulement de ces sources.

En prolongeant les failles vers le Nord, on constate que chaque prolongement aboutit à un cirque d'éboulement (voir la figure). A ces endroits le rivage schisteux se délayait davantage, soit qu'il y était plus tourmenté par les lignes de rupture, soit que l'action des eaux plus chaudes y était plus intense. Mais toujours, et à un rythme plus rapide aux environs des failles qu'aux rivages plus éloignés, se formait une boue liquide coulant vers les dépressions des failles où les sources alignées ne cessaient de se dégager, de charrier les boues schisteuses du côté opposé vers le Sud-Ouest, et de s'épan-

cher sur des pentes plus ou moins régulières, en couches alternantes, périodiquemcnt espacées : les intercalations schisteuses pendant les périodes d'éboulements et d'affaissements, les dépôts ferrugineux pendant les époques de calme.

La durée des périodes *calmes* détermine la puissance des couches ferrugineuses, tandis que l'intensité de l'éboulement et la consistance des nappes mouvantes limitent l'étendue et la puissance des intercalations schisteuses. Celles-ci glissent toutes dans la même direction vers le Sud-Ouest, vers le point le plus profond, vers l'axe du golfe. Leur plan de glissement constitue le toit du dépôt ferrugineux enseveli, tandis que la surface de la nappe mouvante formera le mur du dépôt à venir. Il appartiendra à cette surface plane ou rompue ou ployée de déterminer en partie les dimensions du dépôt ferrugineux futur.

Ajoutons encore qu'il y a autant de couches ferrugineuses que d'éboulements et que leur nombre va en décroissant du centre générateur vers l'axe du golfe. Ceci est d'ailleurs conforme à une théorie qui dissipera toute incertitude minière, dès que les constatations locales sont portées dans un cadre convenablement orienté.

Ce sont des oolithes qui, telles des médailles commémoratives, précisent de la façon suivante les différentes époques de l'histoire de leur milieu :

Première époque. — Un affaissement aux temps médio-toarciens donne origine à un golfe lagunaire, alimenté en partie par des eaux thermales ferrugineuses, jaillissant le long des parois de nombreuses failles en ébauche. La température élevée et la minéralisation des eaux assurent le développement d'une faune exubérante qui, ensevelie sur place, enrichit de phosphates de chaux les dépôts ferrugineux en formation. Des glissements répétés de nappes schisteuses s'intercalent entre les dépôts ferrugineux qui, en formation continue, ne cessent de se superposer aux nappes schisteuses glissant vers le Sud-Ouest.

Deuxième époque. — Dans les couches ferrugineuses déjà encaissées se consomme la putréfaction des derniers restes organiques. Les composés ferriques réduits sont transformés dans la suite par l'acide carbonique en hydrocarbonates, état chimique que requiert l'oolithe. L'oolithe même ne peut naître qu'au moment où de l'oxygène devient disponible en vue d'assurer l'oxydation ferrique par l'intermédiaire d'une double décomposition d'hydrocarbonates. C'est l'oxygène qui règle la croissance de l'oolithe, croissance déterminée par le coagulant que forme le phosphate de chaux. Le puissant dégagement d'acide carbonique, conséquence du développe-

ment oolithique, ne cesse d'assurer l'état d'hydrocarbonation toujours renaissant et, en emmenant le carbonate de chaux libéré, l'acide carbonique s'associe à l'oolithe pour déterminer les phénomènes métamorphiques qui donnent aux gisements oolithiques la dernière empreinte.

HYDROLOGIE. — *Teneur en carbone à l'état organique de différentes eaux.* Note de M. **Picon**, présentée par M. A. Béhal.

Les procédés actuellement employés pour la détermination du carbone à l'état organique dans les eaux utilisent la combustion parfois précédée d'une oxydation sulfochromique. Il est, par suite, nécessaire d'évaporer au préalable un grand volume de liquide. Cette opération, dont l'action sur les composés carbonés dissous n'a pas été étudiée, rend cette méthode non seulement longue et pénible, mais encore incertaine quant aux résultats obtenus.

Les nouvelles méthodes de microdosage du carbone nous ont paru susceptibles de conduire à la résolution de ce problème analytique appliqué aux eaux. Le dosage direct, en solutions aussi diluées, n'est pas possible et il faut procéder à une évaporation préalable. Celle-ci a été réalisée dans le vide, puis aussi au bain-marie pour que la durée de l'analyse devienne pratique. Avant que la dessiccation soit complète nous avons ajouté, soit de l'acide chlorhydrique, soit de l'eau de baryte, afin d'éliminer dans le premier cas les carbonates et pour éviter, dans le second cas, des pertes possibles d'acides volatils. Pour cette dernière méthode, les carbonates sont éliminés au moyen de l'acide chlorhydrique et du vide maintenu pendant très peu de temps.

Si l'on envisage maintenant le dosage sur un résidu sec les recherches de Simon, de Nicloux, de Friedmann et Kendall, effectuées depuis 1924 et utilisant le mélange chromique avec ou sans chromate d'argent, montrent que l'on peut titrer le carbone à $0^{mg},02$ près avec des prises d'essai allant jusqu'à 3^{mg}.

Nous publierons dans d'autres Recueils la technique détaillée que nous avons suivie et qui permet d'obtenir, en opérant sur 250^{cm^3} d'eau, le titre en carbone à l'état organique avec une approximation très voisine de $0^{mg},1$ par litre.

Nous avons dû modifier le mode opératoire de Nicloux dans certains détails et remplacer le sulfate de sodium, qui servait à diluer la substance

Provenance de l'eau.

Eau de rivière (à Paris) filtrée.			Étang du Moulinet. Forêt de Rambouillet.		Puits artésien, L'Hay-les-Roses.	Puits de Houdan.	Puits 14e arr., à Paris.	Ville de Tours (eau du Cher).	Ville de Paris (javellisée).			Source Bronzac, L'Hay-les-Roses.	Mantes, source.	Mantes, puits de la ville.
12-1-32*	23-2-32*	11-3-32*	15-1-32*	La même eau le 20-3-32*	12-1-32*	13-1-32*	24-11-31*	30-12-31*	7-1-32*	12-2-32*	16-3-32*	18-2-32*	8-3-32*	8-3-32*
Oxygène employé dans un essai au permanganate en milieu acide.														
mg 1,85	mg 1,00	mg 1,00	mg 8,25	mg 5,5	mg 0,4	mg 0,8	mg 1,00	mg 1,2	mg 0,15	mg	mg 0,15	mg 0,4	mg 0,3	mg 0,05
En milieu alcalin.														
1,1	0,8	0,4	4,3	3,9	0,4	0,6	0,35	1	0,1		0,05	0,25	0,15	0,05
Teneur en carbone. Résidu chlorhydrique au bain-marie.														
2	1,14	1,09	6,59	4,87	2,18	1,37	2,53	2,01	0,49	0,59	0,50	1,32	1	0,61
2,10	1,07	1,02	6,49	4,76		1,43		1,92	0,60	0,67	0,61	1,46	1,07	0,70
	1,13													
Résidu barytique au bain-marie.														
2,32	1,53	1,80	6,78	5,38	2,26	1,57		2,05	0,61	0,57	0,59	1,60	1,15	1,10
2,22	1,62	1,88	6,63	5,30		1,53		2,13	0,51	0,49	0,51	1,55	1,09	—
Résidu chlorhydrique dans le vide.														
1,99	1,74	1,29	—	5,07	—	—	—	—	0,97	1,16	1,02	2,26	1,52	—
—	1,72	1,10	—	4,92	—	—	—	—	—	—	—	—	1,67	—

* Date du prélèvement.

carbonée, par du chromate d'argent. Ce sel permet, en effet, d'obtenir le même résultat, mais il assure, en outre, la précipitation nécessaire des chlorures, en général assez abondants dans les eaux.

Le tableau ci-contre indique les teneurs en carbone de quelques échantillons d'eaux.

Selon le mode d'évaporation, on obtient des résultats différents. Les plus-values observées avec les résidus barytiques montrent que les eaux contiennent vraisemblablement des traces d'acides organiques volatils.

Si l'on excepte les eaux javellisées et l'eau de l'étang d'une forêt, les chiffres limites ne sont pas très différents, qu'il s'agisse d'eaux de sources, de puits ou de rivières.

La teneur en carbone de l'eau filtrée de rivière à Paris n'est pas fixe; elle a diminué au cours de l'hiver au fur et à mesure de l'éloignement de la période de crue; elle peut devenir très faible et même inférieure à celle de certaines eaux potables, de source ou de puits, bien que l'essai au permanganate donne toujours des chiffres relativement élevés pour cette eau de rivière.

Nous n'avons pu remarquer qu'il y eût proportionnalité ou même une relation entre les chiffres obtenus pour le carbone et le titre fourni par l'essai au permanganate de potassium.

Le dosage du carbone paraît particulièrement intéressant pour suivre toute méthode de purification des eaux.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Essai de synthèse morphologique des Carpates.* Note de M. **Emm. de Martonne**.

L'unité des Carpates paraît douteuse quand on examine le relief aussi bien que la géologie. Pas de zones continues comme dans les Alpes : des masses cristallines isolées (Tatras, Rodna, Alpes de Transylvanie) des lambeaux de formations mésozoïques étirés; seule la zone du flysch forme un ourlet externe allant presque d'un bout à l'autre. Le relief donne l'impression du morcellement; une lacune particulièrement grave est la plaine de la haute Tisza, qui fait disparaître presque complètement la chaîne, réduite à un bourrelet de collines large de 100^{km} et dépassant à peine 5 à 600^{m} d'altitude. Cette coupure sépare deux montagnes, pour lesquelles il semble singulier d'avoir le même nom. D'un côté les Carpates du Nord-

Ouest ou Carpates slaves, de l'autre les Carpates du Sud-Est ou Carpates roumaines.

Les Carpates du Nord-Ouest offrent, derrière un front de chaînes de flysch, une mosaïque de petits massifs et de petits bassins, finissant par s'ennoyer au Sud sous le Néogène et les épanchements volcaniques. Les Carpates du Sud-Est montrent un vaste bassin tertiaire découpé en collines (Bassin de Transylvanie) entouré d'un arc montagneux très hétérogène, isolé de la plaine danubienne par le massif complexe du Bihor et bordé de massifs éruptifs.

Cependant l'unité morphologique des Carpates est véritable; les progrès des études géologiques et géographiques dans les Carpates roumaines permettent d'essayer d'en montrer la signification.

Il faut noter d'abord la continuité de la zone du flysch, qui ne disparaît que dans l'Olténie et qui dessine un arc recourbé plus fortement aux deux extrémités, offrant partout des reliefs de faciès analogues et des alignements en rapport avec les plis ou écailles poussés vers l'extérieur et soulevés jusqu'au Néogène. A l'intérieur de cet arc règne partout un régime de nappes de charriages, mises en place avant le Tertiaire, et rabotées par une surface d'érosion sur laquelle on trouve encore en bien des points l'Éocène normalement transgressif.

C'est ainsi que j'ai pu, dans le Massif du Bihor, dater une pénéplaine fossile recouverte d'un éluvium latéritique que surmontent les couches à *Nummulites perforata* et identifier la plate-forme d'érosion des Alpes de Transylvanie que j'avais appelée plate-forme Boresco (*Comptes rendus*, 173, 1921, p. 1188). La même surface fossile existe dans la Rodna au nord-est du Bassin de Transylvanie, avec un affleurement moins étendu, parce que plus disloqué. Dans les Carpates du Nord-Ouest les géologues tchécoslovaques admettent de même la transgression normale de l'Éocène sur le massif de la Tatra, depuis fortement bousculé.

L'histoire de la région interne des Carpates au Tertiaire est partout marquée par un morcellement précoce que les Alpes n'ont pas connu. Au Nord-Ouest comme au Sud-Est, des tassements se produisent, en rapport semble-t-il avec des failles souvent méridiennes; et l'activité volcanique est intense pendant tout le Néogène inférieur et moyen. Des plates-formes d'érosion, en partie littorales, en partie fluviales, se forment à divers niveaux, partiellement recouvertes de sédiments, puis dégagées, avec, comme conséquence, des percées épigéniques très nombreuses, suivant le jeu des mouvements du sol ou des niveaux de base locaux; car l'édifice en

voie de morcellement se trouve dans la zone des mers méditerranéennes primitives se réduisant progressivement à des bassins fermés de niveau instable.

A cette dégradation de la zone interne par des affaissements et des bossellements, produisant jusqu'au milieu du Néogène et par endroits jusqu'au Quaternaire des massifs-horsts en saillie et des bassins, petits ou grands, ouverts ou plus ou moins complètement fermés, s'oppose l'accroissement continu de la zone externe par l'avancée de plis ou écailles qui augmentent le volume, l'extension en surface et le rayon de courbure moyen de l'arc.

Cette vie de la zone externe est particulièrement intense sur le front de Munténie entre la Prahova et le Seret; elle a duré jusqu'au Quaternaire et continue peut-être encore.

C'est là que j'ai montré l'existence de terrasses quaternaires gauchies et disloquées, observation confirmée par toutes les analyses géologiques ou géographiques plus détaillées qui ont été faites dans la suite (Preda, Moteiescu, Weymuller, etc.). L'affaissement de la plaine devant le front des plis qui s'avancent est aussi confirmé par les sondages pour la recherche du pétrole, qui ont révélé des plis invisibles à la surface avec couches quaternaires pincées dans des plis déversés. Les tremblements de terre fréquents ont été signalés depuis longtemps comme un indice de l'activité persistante des forces tectoniques. On croit voir ici la montagne en enfantement. L'avancée des « Subcarpates » de Munténie fait faire une saillie anormale au front externe de l'arc carpatique.

La zone interne reste la plus intéressante, celle qui donne la diversité des aspects régionaux des Carpates. Du côté du Nord-Ouest le régime dominant est celui des petits bassins et des blocs. Les captures fluviales, les gorges épigéniques se rencontrent à chaque pas. Bien que le point culminant de la chaîne se trouve là (Haute Tatra) l'ensemble est plus morcelé et d'altitude moyenne inférieure.

Les Carpates du Sud-Est ont aussi de petits bassins, mais surtout le grand bassin de Transylvanie, déjà formé à l'Éocène dont les dépôts se voient partout sur ses bords; les assises néogènes y sont gondolées avec des plis diapirs par endroits semblant indiquer un resserrement par poussée des bords ou par un jeu du fond disloqué. C'est, depuis le Quaternaire, un pays de collines, buriné par des vallées profondes de 200^{m} et plus, l'érosion étant partie des plaines danubiennes voisines (plaine pannonique et plaine valaque) que des lacs, baissant de niveau, ont occupées jusqu'au Levantin et dont le fond même paraît s'être enfoncé. Il en est résulté aussi les percées singulières des rivières, dues tantôt à l'épigénie, parfois à l'antécédence, et les captures qui continuent à évoluer.

La plaine de la haute Tisza est l'image de ce que ce bassin transylvain a dû être avant ces érosions. Son affaissement a continué jusqu'au Quaternaire le plus récent et l'on y voit les rivières se rassembler comme dans un ombilic, entre Munkacevo et Tokay, à l'altitude étonnamment base de 100^m. Nous touchons au point le plus faible de l'édifice carpatique.

Le rapprochement des faits paraît justifier l'idée d'une chaîne unique, malgré la diversité des aspects et le morcellement. Cette chaîne est bien différente des Alpes, surtout parce qu'elle est entrée depuis le début du Néogène dans une phase de décadence, que n'ont arrêtée ni les mouvements locaux de la zone interne, ni la progression du front des plis de flysch de la zone externe.

Il faut noter que les Alpes orientales (Styrie et Carynthie) ressemblent aux Carpates; même régime de blocs (Koralpe, Saualpe, etc.) et de bassins (Klagenfurt, Lavantal, etc.); mêmes remblaiements tertiaires et mêmes dislocations; mêmes plates-formes d'érosion étagées, mêmes anomalies hydrographiques. Au point de vue morphologique les Carpates vont jusqu'au méridien de Klagenfurt. Les bassins dits « intraalpins » de Vienne seraient plutôt des bassins « intracarpatiques ».

BOTANIQUE. — *La répartition des lichens à l'île de Cézembre.* Note de M. **Ad. Davy de Virville**, présentée par M. L. Mangin.

L'île de Cézembre, séparée du continent par un bras de mer large d'au moins 5^{km}, est le plus étendu des récifs qui délimitent la rade de Saint-Malo dans la Manche. Elle a $9^{ha},5$ de superficie, mesurant 700^m de long sur 200^m de large environ : elle est donc de forme allongée suivant la direction E-W, les deux côtes les plus importantes étant orientées, l'une vers le Sud : c'est la côte battue qui regarde le continent; l'autre vers le Nord : c'est la côte battue tournée vers le large. Le sol est constitué par de la granulite feuilletée, lardée de filons de diabase qui, plus tendres que la roche encaissante, ont été l'origine d'anses ou de baies limitées par de hautes pointes granulitiques tombant presque à pic dans la mer.

Les lichens qui se développent sur Cézembre, et dont nous devons la détermination à M. Bouly de Lesdain, sont, avec les algues marines, les végétaux les plus caractéristiques de la flore de cette île. L'étude de leur répartition conduit à distinguer deux flores : l'une terrestre, et l'autre marine.

La flore terrestre est presque exclusivement saxicole : vu qu'il n'y a aucun arbre à Cézembre et que, sur la terre nue, existe seulement l'association, assez fréquente par place, du *Cladonia verticillata* var. *cervicornis* avec les rosettes du *Plantago Coronopus*, et là où la terre végétale est plus épaisse, le *Cladonia rangiformis*. La flore saxicole est nettement différente suivant qu'elle se développe sur la côte Sud, abritée et ensoleillée ou sur la côte Nord, battue et ombragée.

Sur la côte Sud croissent des lichens crustacés : *Lecanora atra, tartarea* et *parella*, *Buellia saxorum*, *Hæmmatomma coccineum*, et çà et là, *Caloplaca ferruginea* et *Sarcogyne Clavus*, ou foliacés et vivement colorés tels que *Xanthoria parietina* et *Anaptychia fusca* qui, souvent associés, recouvrent les rochers les plus ensoleillés. Signalons, en outre, quelques *Parmelia*, principalement *caperata* et *prolixa*, et sur les rochers les plus voisins de la mer, les *Rocella fuciformis* et *phycopsis*, ainsi que le *Ramalina scopulorum*.

Sur la côte Nord, on retrouve bien la plupart des espèces de la côte Sud et, en particulier, les divers *Lecanora* précités. Mais c'est surtout là que prospèrent les grands lichens foliacés : *Parmelia caperata*, *prolixa*, *omphalodes*, *trichotera* et *saxatilis* (ce dernier très caractéristique de la flore des fentes du roc au sommet des hautes pointes granulitiques. C'est aussi à cette exposition, sur les grandes dalles de pierre dressées face à la mer, que le *Ramalina scopulorum* présente son développement optimum. Ajoutons que la plupart de ces rochers sont entièrement couverts de lichens se livrant entre eux la plus vive concurrence et se disputant âprement le terrain. Signalons aussi le *Diploicia canescens* rarement rencontré aux points les plus abrités de l'île, alors qu'il est commun sur le continent, mais en des stations moins exposées, ainsi que le *Rhizocarpon geographicum*.

La flore marine est représentée par des lichens si nombreux et si constants à un niveau déterminé, qu'ils constituent, autour de l'île, des zones de végétation caractéristiques. C'est ainsi que, de haut en bas, en se rapprochant de la basse mer, on rencontre :

1° La zone à *Xanthoria parietina* surtout bien développée au Sud, car au Nord, elle est parfois fragmentaire.

2° La zone à *Caloplaca marina* également mieux individualisée au Sud où elle occupe une bande de $0^{m},80$ de largeur au minimum, alors qu'au Nord des exemplaires épars se rencontrent jusqu'au sommet des grandes pointes rocheuses hautes de 38^{m}.

3° La zone à *Verrucaria Maura* qui, comme la précédente, atteint seulement 3^{m} de hauteur sur la côte Sud, alors que, sur la côte Nord, elle

remonte, à la faveur des embruns, dans les anfractuosités du roc, jusqu'à 30^{m} de hauteur.

4° La zone à *Lichina confinis* qui se développe dans la partie supérieure de la zone à *Verrucaria Maura* principalement aux points abrités, sur 1^{m},50 de hauteur environ.

5° La zone à *Lichina pygmæa* bien représentée au contraire aux endroits battus et qui occupe une bande de 4^{m} de hauteur au Sud et de 5 à 6^{m} au Nord, si bien qu'elle se mélange, dans sa partie inférieure, aux premières zones d'algues marines : soit, de haut en bas, en superposition, aux *Pelvetia canaliculata*, puis aux *Fucus platycarpus*, *vesiculosus* et parfois même *serratus*.

On voit donc que ces zones sont beaucoup plus larges dans les stations battues que dans les stations abritées. Enfin on peut parfois récolter, jusque dans la zone à *Verrucaria Maura*, des lichens saxicoles terrestres tels que *Ramalina scopulorum*, voire même des *Lecanora* ou le *Parmelia prolixa*.

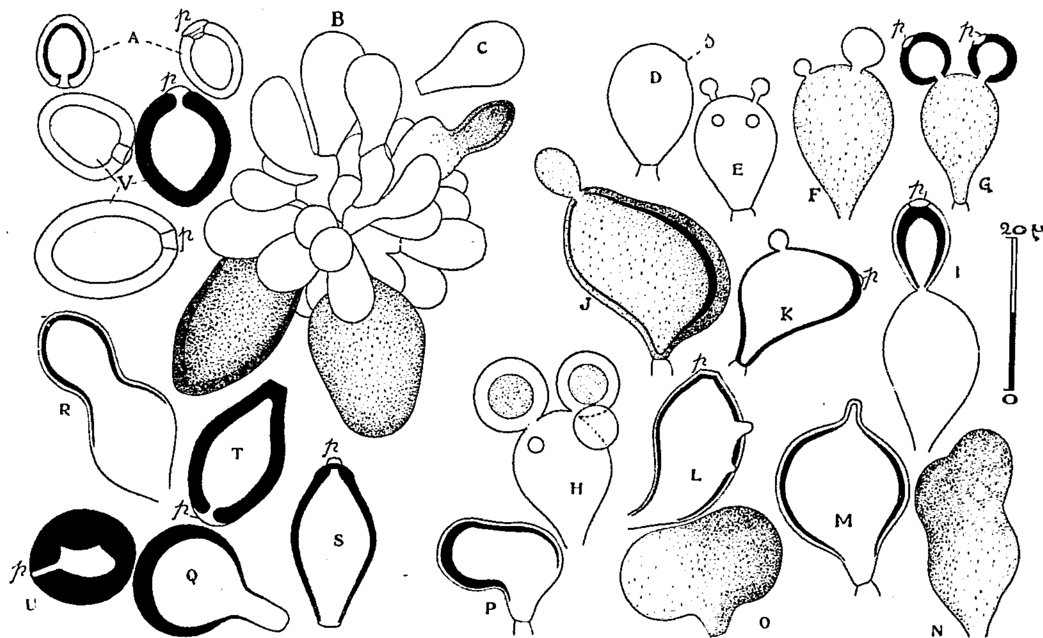
MYCOLOGIE. — *La formation des spores chez les* Podaxon. Note de M. **Roger Heim**, présentée par M. L. Mangin.

Le genre *Podaxon* Fr., propre aux régions désertiques subtropicales et australes, comprend des champignons plectobasidiés dont la position taxonomique a été découverte par de Bary (1884), Patouillard (1887-90) et Ed. Fischer (1889). Ces auteurs ont observé que les spores apparaissent au nombre de 4, parfois moins, sur des organes piriformes venant souvent en touffes, qu'ils ont assimilé aux basides des Basidiomycètes homobasidiés. Ces spores, sessiles ou portées par de très courts stérigmates, naissent symétriquement par rapport à l'axe de la baside, dans la partie apicale de celle-ci.

Frappé par le fait que, contrairement à la grande majorité des basides de Gastéromycètes, celles des *Podaxon* persistent en général après la maturation des spores, je me suis efforcé d'en rechercher les raisons histologiques. Or, des échantillons d'un *Podaxon*, affine au *P. ægyptiacus* (Mtgne), recueillis sur les bords du Niger par M. Monod, au cours de la mission Augieras-Draper, m'ont révélé de remarquables particularités qui permettent d'interpréter la sporulation chez les *Podaxon* d'une façon nouvelle.

Les sporophores piriformes, subhyalins ou plus souvent brun roux clair groupés en rosettes abondantes, produisent fréquemment des spores nor-

males de 8-13$^{\mu}$ de diamètre. Par contre, un grand nombre d'entre eux manifestent, au cours de leur développement, une importante transformation : ils subissent partiellement (*fig.* P) ou entièrement (*fig.* J) une hypertrophie en même temps qu'une membrane épaisse, brun foncé, de même nature que celle des spores, enveloppe la portion modifiée. En outre, le caractère de symétrie axiale de la baside normale se perd en général. Un



Sporulation chez le *Podaxon* cf. *ægyptiacus* (Mtgne) : A, spores normales, apparues sur des basides D à H, à membrane mince; B, rosette de basides analogues à C et D; J à T, basides hypertrophiées, à membrane épaisse, à pore germinatif *p*, sur lesquelles une sporulation secondaire peut s'effectuer (en J, K); en N, ébauche de la formation simultanée de deux spores géantes; S, T. basides hypertrophiées libérées, transformées en spores, mais ayant gardé une forme allongée; U, V, spores géantes normalement constituées (gross. : 1000).

nouveau sommet organique, deux parfois, apparaissent. Lorsque cette baside distrophiée achèvera sa croissance, une échancrure puis un pore germinatif pourront se former en un point correspondant à l'épaisseur maximum du tégument coloré. Puis la baside modifiée se libérera des cellules sous-hyméniales, ne se distinguant plus des spores normales que par son volume supérieur et sa forme souvent plus allongée.

Le mode normal de sporulation, tel que les trois auteurs précédents l'ont décrit, succède parfois sur le même sporophore au phénomène que je viens de signaler : de même que sur une baside piriforme, hyaline ou colorée, à

membrane *mince*, peuvent naître une à quatre spores sessiles, celles-ci peuvent se produire sur le sporophore distrophié, mais ici nous observerons moins de quatre spores non symétriquement disposées par rapport à l'axe de la baside modifiée. La partie hypertrophiée de cet organe équivaut donc bien à une spore (parfois même à deux, *fig.* N), les deux phénomènes — autotransformation de la baside en macrospore, et sporulation normale — étant complémentaires.

La fréquence de ces observations, confirmées par l'examen d'autres spécimens de *Podaxon* de l'Herbier du Muséum de Paris, ne permet pas de parler d'anomalie. On pourrait tout au plus supposer que sous l'influence de conditions nutritives ou climatiques défavorables, une accélération dans la sporulation s'est produite, cette dernière précédant la maturation de la baside mais sans que le mécanisme même de la sporulation soit modifié. On ne doit donc pas parler d'*enkystement* de la baside, mais bien de son *avortement*.

Ces observations nous montrent que chez les *Podaxon* : 1° les spores se forment simultanément ou successivement, au nombre de une à quatre par baside; 2° que chez une même espèce, les spores mûres peuvent offrir une grande variabilité dans leur forme et leurs dimensions; 3° que le rythme de la sporulation est indépendant de l'état d'évolution de la baside. Elles confirment le point de vue selon lequel la baside des Basidiomycètes homobasidiés est susceptible, d'une façon générale, de se modifier sous des influences nutritives ou cosmiques et ne constitue que l'un des termes variables et facultatifs dont l'emboîtement successif conduit à la sporogénèse.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Gels d'automne, diastases oxydantes et dépérissement de plantes en pleine végétation.* Note [1] de M. **Gard**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

A. Depuis une dizaine d'années, j'ai réuni des obervations sur certains dépérissements inexpliqués, se produisant irrégulièrement sur des plantes variées en pleine végétation : noyers, abricotiers, pruniers, cerisiers, etc.

Par l'observation des faits et des circonstances qui les entouraient, j'ai montré [2] que ces dépérissements étaient dus à des gels d'automne, devenus fréquents.

Ces phénomènes ont été reproduits expérimentalement sur de jeunes noyers en pots.

---

(1) Séance du 29 mars 1932.

(2) M. Gard, *Sur le dépérissement des jeunes noyers en* 1922 (*Comptes rendus*, 175, 1922, p. 716).

Le gel local sur un côté de la tige ou sur le collet est obtenu à l'automne avec le chlorure de méthyle. L'année suivante, en intensifiant les arrosages par beau temps chaud, il y a dépérissement partiel des pousses, avec tous les caractères d'un gel : perte de la turgescence, exsudation de l'eau du protoplasma et du vacuome, brunissement du contenu et des parois. C'est une *mélanogénèse à distance*, un *gel secondaire*.

B. Quelques essais ayant montré que la réaction des peroxydases était plus intense dans les cellules tuées par le gel que dans les cellules normales, toute une série d'expériences comparatives ont été organisées, tant qualitativement que quantitativement. Les résultats ci-dessous ne concernent que quelques-unes d'entre elles sur une centaine environ. Ils ont porté sur les oxydases, peroxydases et tyrosinases. M. Dufilho, assistant de toxicologie à la Faculté de médecine de Bordeaux, a bien voulu m'accorder sa collaboration et effectuer les dosages quantitatifs et pondéraux.

Essais quantitatifs. — Le principe de la technique utilisée par lui consiste à broyer finement au mortier de verre, avec un même poids d'eau distillée, un poids déterminé d'un organe normal et vivant, et d'autre part un même poids du même organe soumis à un gel prolongé de — 12°. Le liquide de macération est transformé à l'aide d'acétate sodique de façon à obtenir un pH sensiblement constant pour chaque espèce. Après six heures de macération, on traite le filtrat par les réactifs classiques : teinture de gaïac et eau oxygénée, gaïacol, tyrosine, et l'on compare la teinte obtenue avec la gamme colorimétrique-étalon préparée suivant les indications de M. Denigès (*Bulletin des travaux de la Société de Pharmacie de Bordeaux*, 1930); pour les tyrosinases avec l'échelle du code des couleurs de Klinksieck et Valette, ou par l'emploi du signe + qui correspond à 1 pour 100. La vitesse d'oxydation a été aussi notée. L'échelle de Clark a été utilisée pour la détermination du pH.

Plantes.		pH.	Oxydases.	Peroxydases.	Tyrosinases.
Pomme de terre (tubercule)	congelée...	6,3	0,1	3	547 K. et V.
	normale....	6,3	2,5	1,5	529 »
Tabac (feuille)	congelé....	6	0	3	67 »
	normal....	6	0	2	53 D., K. et V.
Tabac (tige)	congelé....	6,3	++	597 K. et V.	++
	normal....	6,2	+	578 C., K. et V.	+
Champignon de couche	congelé....	6,2	—	575 K. et V.	++
	normal....	6,2	+	568	+
Noyer (feuille)	congelé....	6	traces	3	–
	normal....	6	0,1	1,5	–
Pêcher (feuille)	congelé....	6	traces	2	–
	normal....	6	traces	traces	–
Betterave (racine)	congelée...	6,8	+++	57 K. et V.	573 K. et V.
	normale....	6,7	+	71 »	571 »
Carotte (racine)	congelée...	6	traces	2	–
	normale....	6	0,1	1	–
Pin maritime (feuille)	congelé....	4,4	0,1	0,2	–
	normal....	4,4	traces	0,1	–

La vitesse d'oxydation est plus rapide, pour les peroxydases, dans les organes congelés que dans les organes normaux. Elle l'est particulièrement pour ces dernières et pour les tyrosinases chez la Fève et chez la Betterave.

Dosages pondéraux. — Ils ont été effectués en milieu acétique (0,4 pour 100) en présence du sel sodique correspondant, avec un pH constant de 6,2 :

a. Peroxydases :

		Pour 100.
Evonymus japonicus (feuille)	congelé	4,26
	normal	1,14
Hedera helix (feuille)	congelé	2,160
	normal	1,886
Prunus lauro-cerasus (feuille)	congelé	0,37
	normal	0,34
Ampelopsis Wagneri (feuille)	congelé	0,413
	normal	0,328

b. Tyrosinases :

Pleurotus ostreatus	congelé	après 15 heures	6,468
		après 41 heures	12,6
	normal		5,610
Auricularia mesenterica	congelé		2,00
	normal		1,80
Lenzites variegata	congelé	après 15 heures	0,88
		» 38 »	1,17
		» 64 »	0,84
	normal		0,74

Si la masse de diastases croît avec la durée du gel, il semble y avoir un maximum qui, pour *Lenzites variegata*, a lieu entre 38 et 41 heures. Cet optimum atteint, la courbe devient nettement décroissante.

Le phénomène physique dans le gel est caractérisé par la perte de turgescence, l'exsudation de l'eau de l'hydrogel protoplasmique et du vacuome; au point de vue chimique et pathologique, il se traduit par un accroissement des peroxydases et des tyrosinases (pour les oxydases, c'est parfois l'inverse) et par une vitesse plus grande d'oxydation.

Il en résulte une modification complète dans l'aspect et la composition de la sève, surtout si de nombreuses cellules du bois ont été atteintes. Celle-ci provoque un *gel* ou une *mélanogenèse secondaire* dans les organes en voie de croissance.

La préparation des diastases oxydantes est donc facilitée par un gel fort. Le ferment-substrat, selon la théorie actuellement admise, étayée par les

recherches de H. Colin et de M[lle] Chaudun (¹), est vraisemblablement décomposé par l'action du gel.

Chez les Conifères (*Pinus*, *Abies*) le phénomène semble influencé par la présence de l'acide abiétique, cela en accord avec les résultats obtenus par M. G. Bertrand (²).

ZOOLOGIE. — *Sur quelques caractères différentiels des sexes chez le Bernard l'Ermite*. Note (³) de M. **Charles Pérez**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

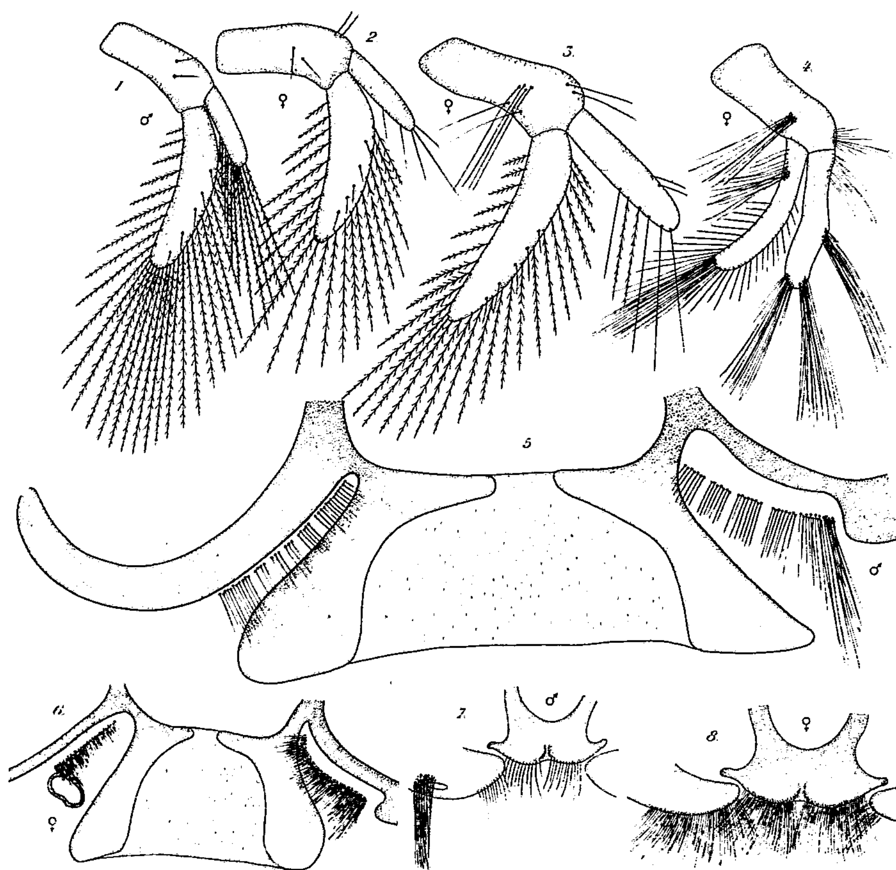
On sait depuis longtemps que, chez les Pagures, les pléopodes sont susceptibles de fournir, par leur nombre et leur forme, des caractères sexuels très manifestes; mais le détail d'ornementation de ces appendices n'est pas moins intéressant à noter. J'en prendrai ici comme exemple les espèces du genre *Eupagurus* et plus spécialement le Bernard l'Ermite commun, *Eup. bernhardus* (L.). Chez le mâle (*fig.* 1), la rame la plus développée des pléopodes 3 à 5 est un exopodite flabelliforme, garni sur son bord d'une série de soies plumeuses; l'endopodite réduit ne porte aussi que des soies plumeuses. Chez la femelle (*fig.* 4), la rame la plus développée des pléopodes 2 à 4 est au contraire l'endopodite et, aux deux rames, l'ornementation est exclusivement formée de soies non plumeuses; de longues soies capillaires rigides et d'un jaune ambré forment des touffes très fournies, auxquelles sont retenus les œufs pendant leur incubation. Cette opposition est très marquée chez les individus arrivés à la maturité génitale. Mais il est facile de constater que, si le mâle acquiert d'emblée dès le jeune âge les caractères qui lui sont propres (*fig.* 1), les femelles immatures présentent au contraire des pléopodes presque exactement semblables à ceux des mâles de même taille (*fig.* 2 et 3) : les soies du bord de l'exopodite sont plumeuses et l'analogie se poursuit jusque dans le détail, par 5 petites soies raides portées, en retrait du bord, par cet exopodite. Les caractères femelles n'apparaissent que progressivement au cours de la vie ultérieure.

(¹) H. Colin et M[lle] Chaudun, *Sur la loi d'action de la sucrase* (*Comptes rendus*, **167**, 1918, p. 208; **168**, 1919, p. 1274).

(²) G. Bertrand, *Recherches sur l'influence paralysante exercée par certains acides sur la laccase* (*Annales Inst. Pasteur*, **21**, 1907, p. 673).

(³) Séance du 29 mars 1932.

D'autres caractères tout aussi précis se manifestent dans diverses régions du corps. Au second segment abdominal (*fig.* 5), le tergite présente de chaque côté un bouclier renforcé, raccordé à son bord antérolatéral à un



Eupagurus bernhardus.

1, ♂ jeune, 3e pléopode; 2, ♀ très jeune, 3e pléopode; 3, ♀ jeune, 3e pléopode; 4, ♀ adulte, 3e pléopode, ces trois derniers dessins à des grossissements décroissants; 5, ♂ cuticule du 2e segment abdominal étalée sur un plan; 6, ♀ *idem.*; 7, ♂ sternite du 5e segment thoracique et coxopodite de p_5, vus suivant l'axe du corps; 8, ♀ *idem.*

busc arqué, latéroventral, qui représente le sternite. Dans l'espace angulaire de chitine mince compris entre ces deux pièces, on remarque une rangée de soies, sur laquelle J.-E.-V. Boas a appelé l'attention, en la considérant comme marquant le bord latéral du segment. Chez le mâle, ces soies sont simples et alignées presque exactement sur un seul rang, comme des cils au bord d'une paupière, avec une gerbe plus longue et plus touffue à

l'extrémité postérieure, du côté droit. Chez la femelle (*fig.* 6), ces soies sont plumeuses et, insérées sur toute la longueur de la frange en plusieurs rangs serrés, elles forment comme la brosse d'un sourcil.

Le sternite du cinquième segment thoracique est une barré transversale portant deux saillies convexes dont le sommet est garni de soies arquées. Chez le mâle (*fig.* 7), elles sont rares, simples ou tout au plus à peine barbelées; chez la femelle, elles sont plumeuses et beaucoup plus touffues, elles forment comme une bande de fourrure transversale se continuant latéralement sur le coxopodite de la patte correspondante.

Avec quelques différences de détail d'une espèce à l'autre, ces caractères se retrouvent dans tout le genre *Eupagurus*. Les faits relatifs à la présence de pléopodes de type mâle chez les femelles jeunes ou au dimorphisme de la garniture de soies marginales au second segment abdominal rappellent ceux que j'ai fait connaître chez les Galathées.

PHYSIOLOGIE. — *Valeur des mouvements oculaires dans l'émotion esthétique.* Note (¹) de M. **Serge Yourievitch**, présentée par M. A. d'Arsonval.

Dans l'étude des lignes courbes, on constate généralement les faits suivants : lorsqu'on suit visuellement le tracé d'une circonférence, on enregistre avec le cinégraphe oculaire quatre arrêts des mouvements de l'œil : en haut, en bas, à droite, à gauche, comme aux extrémités d'un diamètre vertical et d'un diamètre horizontal. Les arrêts dans le sens vertical sont les plus longs et l'arrêt du bas est le plus long de tous. Les arrêts latéraux, moindres, sont sensiblement d'égale durée.

Lorsqu'on suit visuellement le tracé d'une ellipse (dont le grand axe est horizontal), d'excentricité 0,67, mêmes remarques. Pour une ellipse d'excentricité 0,80, on ne constate plus que trois arrêts, deux latéraux et le troisième au sommet supérieur ou inférieur de la courbe. Pour une ellipse d'excentricité 0,89, les deux arrêts latéraux subsistent seuls. Les courbes de ce genre correspondent aux mouvements de moindre effort.

Dans l'examen d'un tableau, l'œil (d'après les enregistrements du cinégraphe oculaire) (²) se fixe d'abord sur la plage la plus éclairée et la plus étendue. Il se porte ensuite sur les plages plus petites et moins éclairées, et décrit, en les parcourant, des courbes interrompues par des angles, avec

(¹) Séance du 8 février 1932.

(²) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 844.

des arrêts d'une durée inversement proportionnelle à l'ouverture de ces angles (*Les principaux caractères des mouvements oculaires*, *Comptes rendus*, 1929, p. 937). L'effort pour suivre le tracé d'un angle croît de l'angle obtus à l'angle aigu. Le parcours des lignes ellipsoïdales réclame le moindre effort.

Toute œuvre d'art est, de plus, caractérisée par des rapports spéciaux des plages plus ou moins éclairées. Je me suis appliqué à étudier avec le cinégraphe oculaire les plages de diverses grandeurs et leurs rapports au point de vue énergétique.

En général, le temps nécessaire pour l'observation de plages éclairées de différentes dimensions varie en rapport inverse de leur grandeur. De même, plus les plages juxtaposées sont différentes, plus il faut d'effort pour les observer en succession.

Examinant les grandes œuvres d'art des différents pays et des différentes époques, on constate que les plages éclairées sont ordinairement disposées dans des courbes ellipsoïdales de moindre effort, que les plages larges sont préférées aux étroites et que les rapports de grandeur entre les surfaces éclairées juxtaposées correspondent au même principe. Aussi dans l'exécution, par exemple, d'une statue, l'artiste doué d'une vision exercée par une pratique journalière, choisit de préférence des attitudes aux courbes longues ellipsoïdales dynamogènes, et a tendance à augmenter la largeur naturelle des bras de 1/6e jusqu'à 1/3 de celle du torse pour établir des rapports de moindre effort.

Ces déformations, contraires aux données anatomiques, indiquent que l'esthétique d'une œuvre d'art, en dehors des données fournies par la nature, est déterminée par *la loi du moindre effort pour les mouvements de l'œil.* Il est permis d'en déduire une *esthétique à base physiologique*, dont je viens de définir quelques éléments.

L'examen des différents arts permet d'établir deux grandes familles distinctes. L'art égyptien, assyrien, de Mycène, de Crète, l'art indou, khmer, chinois et japonais et celui des Icones russes appartiennent à la première famille. Ils s'éloignent parfois très loin des données anatomiques pour suivre celles de l'esthétique de moindre effort.

L'art grec, dès la fin de l'époque archaïque et tous ceux qui en découlent, les arts bysantins, en partie l'art gothique, celui de la renaissance italienne et l'art moderne appartiennent à la seconde famille. Les grands artistes de cette dernière se sont évertués à respecter dans la mesure du possible les données de l'anatomie tout en pliant les attitudes des corps aux exigences du moindre effort pour l'œil.

ÉLECTRICITÉ PHYSIOLOGIQUE. — *Expériences sur les effets biologiques de la d'Arsonvalisation à ondes courtes.* Note [1] de M. H. **Bordier**, présentée par M. A. d'Arsonval.

Étant en possession d'un appareil puissant, donnant une fréquence de 30 millions de périodes par seconde (10^m de longueur d'onde), j'ai commencé des recherches dans le but de connaître le mécanisme de l'action de la d'Arsonvalisation à ondes courtes sur les êtres vivants.

Des expériences ont été faites par quelques auteurs sur des insectes et sur des animaux, tels que la souris, placés dans le champ oscillant de très haute fréquence; mais on ne paraît pas avoir étudié l'action de ce champ sur des animaux aquatiques et en particulier sur les poissons. Ce choix m'a paru judicieux pour arriver à connaître la cause de la mort de ces animaux pœcilothermes. Est-elle le résultat d'une élévation de température de l'eau où ils vivent, ou est-elle due à un autre effet des ondes de très haute fréquence?

C'est sur des ablettes de 10 à 12^{cm} de longueur que mes expériences ont porté. Avant tout, j'ai cherché à connaître la température à laquelle l'eau devait être chauffée pour entraîner la mort de cette espèce de poissons. Pour cela, j'ai placé la cuve en verre contenant l'eau dans un bain-marie; un bon agitateur de cette eau est constitué par le mouvement des poissons. La température initiale de cette eau étant de 15°,5 la colonne thermométrique s'élève lentement. Quand la température approche de 27°, les poissons s'agitent; à 27°,5 ils se mettent sur le flanc et à 29°,5 ils paraissent morts. Mais si on les replace aussitôt dans de l'eau fraîche, ils reviennent peu à peu à la vie.

Dans une deuxième expérience, un autre poisson présente les mêmes phénomènes : la température de l'eau est portée jusqu'à 30°; lors de sa remise dans de l'eau fraîche, on constate qu'il est mort. On peut donc admettre que la température à laquelle ces poissons ne peuvent plus vivre est de 29° à 29°,5.

J'ai alors entrepris des expériences avec ce même genre de poissons en plaçant la cuve entre les plateaux condensateurs orientés horizontalement

---

[1] Séance du 21 mars 1932.

et écartés l'un de l'autre de $13^{cm},5$. Le courant étant établi, on règle l'accord sur le circuit extérieur jusqu'à ce que l'aiguille de l'ampèremètre indique une valeur maxima, soit 0,9; puis on augmente l'intensité totale jusqu'au maximum. Quoique l'indication de l'ampèremètre thermique n'ait pas de rapport avec l'intensité passant dans le circuit d'utilisation, c'est un moyen commode pour se rendre compte du bon fonctionnement de l'appareil générateur des ondes courtes.

Dans une première expérience, deux ablettes sont placées dans la cuve en verre avec une épaisseur d'eau de 10^{cm} : la température initiale de l'eau est de 16°. Le courant produit un échauffement lent de la masse d'eau : à 23° les deux poissons sont déjà sur le flanc et quand le thermomètre est à 25° ces deux poissons paraissent morts. On les transvase alors dans de l'eau courante pour s'assurer que la mort est bien réelle : l'un d'eux ne manifeste aucun mouvement, mais l'autre, après une dizaine de minutes, commence à remuer légèrement et une heure et demie après il avait retrouvé toute sa vitalité.

Dans une deuxième expérience, un poisson est mis dans la cuve dont l'eau est à 15°,5; celle-ci est disposée comme précédemment entre les deux plateaux condensateurs. Le courant est établi avec l'intensité maxima. Voici les chiffres relevés pendant l'expérience.

Après	4	minutes	16°,3
»	8	»	17,5 (a)
»	12	»	18,8 (b)
»	16	»	19,8 (c)
»	20	»	21
»	24	»	22,4
»	28	»	23,5
»	32	»	24,6 (d)

(a) Le poisson se maintient vers la surface de l'eau. (b) Il gagne le fond, s'agite, puis remonte. (c) Il est sur le flanc. (d) Le poisson paraît mort.

On le remet alors dans de l'eau courante, mais après avoir esquissé quelques mouvements des ouïes, il meurt.

Dans toutes ces expériences, comme on le voit, la température de l'eau où évoluaient les poissons n'a pas atteint la valeur pouvant amener leur mort, puisque cette température est d'environ 29°. C'est donc à une autre cause qu'il faut attribuer en partie le résultat constaté : cette cause réside probablement dans une perturbation localisée dans les tissus mêmes des

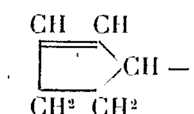
animaux et intéressant seulement certains éléments cellulaires qui deviennent le siège de réactions importantes. Quand on interrompt l'action du champ oscillant à temps, comme dans la première expérience, l'animal reprend ses mouvements et retrouve sa vitalité sans qu'on puisse observer la moindre lésion, bien que l'irradiation ait été poursuivie jusqu'aux signes apparents de la mort.

Ces constatations prouvent que les ondes de haute fréquence, aussi bien celles utilisées dans la diathermie simple que dans la radiothermie, n'agissent pas seulement par leurs effets calorifiques, mais qu'elles ont une action sélective sur les tissus vivants : c'est certainement à cette action-là qu'il faut attribuer en partie les effets thérapeutiques obtenus, quel que soit le genre de d'Arsonvalisation qu'on applique.

PHARMACODYNAMIE. — *Recherches sur l'influence du radical Δ_2-cyclopentényle dans la série des hypnotiques barbituriques. Étude pharmacodynamique de l'acide Δ_2-cyclopenténylallylbarbiturique.* Note [1] de M. **René Chaux**, présentée par M. A. Desgrez.

Depuis les travaux de E. Fischer sur les acides dialcoylbarbituriques, de nombreux auteurs ont cherché à obtenir des hypnotiques supérieurs au véronal, en substituant aux deux groupes éthyle de ce composé des radicaux variés. Malgré l'importance des résultats acquis, le sujet est encore loin d'être épuisé, ainsi qu'il ressort du nombre même des études qui lui ont été consacrées au cours de ces dernières années (Tiffeneau, Shonle, Dox, Volwiller, Boedeker, Eddy, Hill, Keach, Fourneau, etc.); de même l'introduction récente, en thérapeutique, de barbituriques nouveaux témoigne de l'intérêt qui s'attache à cette catégorie de médicaments.

Nous avons étudié l'influence du radical Δ_2-cyclopentényle



où l'on voit un groupe du type allyle, inséré dans un cycle à cinq carbones : nous avions en vue de réunir ainsi les effets connus de l'allyle — radical Δ_2-éthylénique $CH^2 = CH — CH^2$ — (Volwiller, Shonle, etc.), de la chaîne

(1) Séance du 29 mars 1932.

pentacarbonée (Tiffeneau, Dox, Shonle, etc.) et de la cyclisation (Shonle, Keltch et Swanson).

Nous avons préparé une série d'acides Δ_2-cyclopenténylbarbituriques 5-substitués qui ont été soumis à l'expérimentation physiologique sur les animaux habituellement employés (poissons, souris, lapins, chiens). Le tableau suivant donne les dérivés préparés, ainsi que leur pouvoir hypnotique, déterminé chez le lapin et rapporté à celui du véronal, que nous avons arbitrairement fixé à 10.

Acides barbituriques.	Fusion instantanée.	Pouvoir hypnotique.
Véronal		10
5 Δ_2-cyclopentényl	197-198°	nul
5,5 Δ_2-cyclopenténylêthyl	161-162	20
5,5 Δ_2-cyclopentényl-*n*-propyl	147-148	16
5,5 Δ_2-cyclopentényl-*n*-butyl	145-146	12
5,5 Δ_2-cyclopenténylallyl	139-140	38
5,5 Δ_2-cyclopenténvl-β-bromallyl	192-193	20
5,5 bis Δ_2-cyclopentényl (2 formes cristallines).	151-152 / 157-158	24
5,5 Δ_2-cyclopenténylphényl	183-184	8

Étude pharmacodynamique de l'acide Δ_2-cyclopenténylallylbarbiturique. — Ce dérivé qui se détache nettement des autres, avec un pouvoir hypnotique près de quatre fois supérieur à celui du véronal, a été soumis à une étude pharmacodynamique détaillée : on l'a administré, soit par voie buccale, soit en injections (hypodermiques, intrapéritonéales, intraveineuses, intracardiaques).

Par exemple, chez le lapin, en injections hypodermiques, il provoque, suivant la dose, différents états de sommeil que nous distinguerons en adoptant les tests de B. Wiki : à 4^{cg} d'acide, par kilogramme, apparaît en 15 à 20 minutes, le second degré de dépression (animal à demi couché, sans mouvements); à 6^{cg}, on observe, au bout de 15 minutes, le troisième degré de dépression, qui dure en moyenne 5 heures (animal entièrement couché sur le flanc); à 10^{cg}, se produit le quatrième degré de dépression (animal se laissant mettre en décubitus dorsal); le réflexe oculo-palpébral est alors très affaibli. On atteint enfin la dose mortelle aux environs de 18^{cg} par kilogramme.

Le coefficient de sécurité (rapport de la dose maximum tolérée à la dose efficace) est de l'ordre de 4.

La mesure de la sensibilité pendant le sommeil, au moyen du baresthé-

siomètre de Verdin (modifié par adjonction d'une pointe) a mis en évidence, même pour les doses inférieures, un pouvoir anesthésique marqué.

Le véronal, pris comme terme de comparaison, provoque le second degré de dépression à la dose de 15^{cg} par kilogramme, son coefficient de sécurité étant de l'ordre de 2,5; les réactions au baresthésiomètre pendant le sommeil sont toujours très vives.

En conclusion, la présence du radical Δ_2-cyclopentényle dans un dérivé barbiturique 5,5-bisubstitué confère à ce composé un ensemble de propriétés physiologiques qu'il est légitime de rapporter, non seulement au poids, mais aussi à la structure lhimique particnlière de ce radical.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur le développement de l'œuf d'un Crustacé Phyllopode* (Artemia salina *L.*). Note[1] de M. **Paul Mathias**, présentée par M. Ch. Gravier.

Les *Artemia salina* des marais salants de Villeroi près de Sète se reproduisent toute l'année par parthénogénèse. En été, ils sont ovovivipares et ovipares tandis qu'en automne ils sont exclusivement ovipares. Les œufs pondus l'été présentent une coloration brunâtre foncée répartie sur toute la surface ou laissant apparaître un pôle plus clair; les œufs produits pendant l'automne ont une teinte saumon pâle uniforme.

En élevant au laboratoire, dans de l'eau de mer, des *Artemia salina* récoltés à Villeroi, j'ai recueilli, du 31 juillet ou 31 août 1931, de nombreux œufs brunâtres. Ceux-ci, maintenus constamment immergés, furent conservés pendant près de sept mois sans donner naissance à des nauplius. Un certain nombre de ces œufs, complètement immergés ou placés au contact de l'air sur des gazes mouillées, mis à l'étuve à 28° C. pendant plusieurs mois consécutifs ne donnèrent également aucune éclosion. Cependant ces œufs sont susceptibles d'évoluer s'ils sont soumis à certains traitements préalables. Une dessiccation plus ou moins prolongée provoque leur développement.

Dans toutes les expériences réalisées, la dessiccation a été effectuée à l'étuve à 28° C. et les œufs après traitement furent placés dans de l'eau de mer et remis à l'étuve à 28° C. Si la dessiccation dure de 4 à 5 jours, on obtient, 24 heures après le retour à l'eau de mer, des éclosions dont le

(1) Séance du 21 mars 1932.

nombre peut atteindre jusqu'à 60 pour 100 du nombre des œufs mis en expérience, alors que les lots témoins ne donnent rien. Tous les œufs traités n'évoluent pas simultanément, quelques-uns pouvant éclore avec un peu de retard. Si la dessiccation ne se prolonge que durant 29 heures, on constate jusqu'à 30 pour 100 d'œufs éclos après 24 heures de retour à l'eau de mer. Lorsque la dessiccation ne dépasse pas 6 heures, on peut obtenir jusqu'à 20 pour 100 de développements au bout de 24 heures. Mais, après 3 heures de dessiccation, aucune éclosion ne se produit plus au bout de 24 heures; c'est seulement de 36 à 48 heures après le retour à l'eau de mer que l'on observe quelques œufs donnant naissance à des nauplius. Les œufs desséchés, pendant une heure seulement, ne se développent pas.

La proportion des éclosions est fonction de la durée de la dessiccation. La durée minimum de la dessiccation susceptible de produire un effet sur l'œuf d'*Artemia salina* est d'environ 3 heures à 28° C.

La dessiccation apparaît donc comme un agent activant puissant pour les œufs de ce Phyllopode. C'est, sans aucun doute, dans la nature, un des facteurs importants qui provoque le développement normal des œufs de ce Crustacé. Les œufs qui flottent à la surface des marais salants sont, par suite du vent et des mouvements de l'eau, alternativement asséchés et remis à l'eau comme j'ai pu souvent le constater.

On peut également obtenir le développement des œufs d'*Artemia salina* en les traitant par divers agents chimiques tels que l'eau oxygénée, le chloroforme et l'acide butyrique. Les œufs en expérience furent toujours après le traitement remis à l'eau de mer et placés à l'étuve à 28° C. Les œufs disposés sur une gaze sont arrosés avec de l'eau oxygénée du Codex additionnée de son volume d'eau distillée. Au bout de 2 à 3 jours, ces œufs donnent naissance à des nauplius tandis que les lots témoins placés dans les mêmes conditions ne donnent rien. Le pourcentage des éclosions obtenues dans ces expériences varie de 20 à 30 pour 100. Avec l'eau oxygénée pure, je n'ai obtenu aucun résultat. J'ai cherché à vérifier si le développement des œufs n'était pas occasionné par l'acide contenu dans l'eau oxygénée employée. A cet effet, des œufs d'*Artemia salina* furent arrosés avec une solution dont l'acidité était la même que celle de l'eau oxygénée, mais ceci sans résultat. Des œufs furent alors traités par de l'eau oxygénée neutralisée et ramenée au pH 7 au moment de l'emploi puis étendue de son volume d'eau distillée; aucune éclosion n'eut lieu. Mais si les œufs étaient arrosés avec de l'eau oxygénée neutralisée comme précédemment et étendue de 2 fois son volume d'eau distillée, on obtenait au bout de 2 à 3 jours des éclosions dont le

nombre pouvait atteindre jusqu'à 50 pour 100 alors que les lots témoins ne donnaient rien. Ces expériences montrent nettement que c'est l'eau oxygénée seule qui intervient et qui agit par l'oxygène qu'elle libère. L'eau oxygénée à l'état neutre étant moins stable qu'à l'état acide laisse dégager plus rapidement son oxygène; un excès de ce gaz empêche certainement le développement des œufs, d'où la nécessité de diluer davantage l'eau oxygénée neutralisée.

Le chloroforme a été utilisé soit à l'état de vapeur, soit en solution dans l'eau de mer (solution saturée étendue de son volume d'eau de mer); l'acide butyrique a été employé en solution dans l'eau de mer (5^{cm^3} d'acide pour 50^{cm^3} d'eau de mer). Avec ces derniers corps, les résultats furent beaucoup moins constants qu'avec l'eau oxygénée et je n'ai jamais obtenu que quelques éclosions dans les lots en expérience, les lots témoins ne donnent rien. Les œufs, à mesure qu'ils vieillissent, semblent devenir plus réfractaires à l'action du chloroforme et de l'acide butyrique.

Il est intéressant de noter que les agents activants qui provoquent l'évolution des œufs d'*Artemia salina* sont ceux qui agissent aussi sur l'œuf de *Bombyx mori*. Si les résultats obtenus avec le chloroforme et l'acide butyrique ne sont pas homogènes, cela doit tenir à l'état des œufs, pondus depuis plusieurs mois. Il est très vraisemblable que si les œufs étaient soumis à ces divers traitements peu de temps après la ponte, on obtiendrait un plus grand nombre d'éclosions ainsi que cela se passe pour ceux de *Bombyx mori*.

En résumé, les œufs d'*Artemia salina*, pondus l'été et conservés inertes dans l'eau de mer pendant près de sept mois, peuventé évoluer sous l'action : 1° de la dessiccation (durée minimum, 3 heures à 28°C.); 2° de divers agents chimiques comme l'eau oxygénée, le chloroforme et l'acide butyrique, les meilleurs résultats étant obtenus avec l'eau oxygénée.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Production expérimentale de membres surnuméraires chez le Crapaud accoucheur* (Alytes obstreticans *Laur.*). Note de M. **Maurice Lecamp**, transmise par M. Maurice Caullery.

J'avais essayé [1] de produire des formations multiples de membres chez le Crapaud accoucheur (*Alytes obstricans* Laur.). Sur l'ébauche du membre

[1] *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 703.

postérieur de la larve de cet Anoure, une section longitudinale médiane était faite. Cette opération isole deux parties, une dorsale et une ventrale, dont l'évolution respective m'était apparue inégale.

J'avais d'abord supposé que cette divergence dans le développement de ces deux moitiés d'ébauche était fondée sur des valeurs prospectives différentes, inhérentes aux parties elles-mêmes.

Par des transplantations hétérotopiques de celles-ci ([1]), j'ai pu définir un stade de croissance où l'ébauche peut être considérée comme un système équipotentiel morphologiquement déterminé, chacune des moitiés dorsale et ventrale étant également capable de se développer en un membre normal.

La première hypothèse faite par moi n'étant pas valable, j'ai recherché les facteurs responsables de cette inégale évolution dans l'ensemble des phénomènes régénératifs déclenchés lors de l'opération.

De fait, un examen attentif m'a démontré que les processus de cicatrisation et de régulation étaient les causes principales influant sur le développement des demi-bourgeons néoformés, et que, pour obvier à ces influences, il fallait réaliser les conditions suivantes : conserver aux parties dorsale et ventrale leur individualité par un isolement suffisant; les laisser également sous l'action du « centre de croissance » ([2]).

Pour celà, j'ai d'abord utilisé la méthode de Swett (1926) en introduisant, après la section, entre les deux moitiés d'ébauche, un morceau de tissu indifférent. Les formations ainsi obtenues présentent bien, dans quelques cas, des duplications, mais limitées aux segments distaux du membre (autopode et zeugopode), et, dans la plupart des autres cas, les appendices sont simplement polydactyles. Il y a donc eu, encore là, fusion partielle des parties d'ébauche.

J'ai réussi à éviter cette soudure en retournant, après la section longitudinale, dans le sens dorso-ventral une des deux moitiés de 180°.

Quelques types de résultats sont représentés par les trois figures ci-contre ([3]).

Il est à noter que toutes ces formations surnuméraires sont *unilatérales*.

([1]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1017.

([2]) C'est l'ensemble des relations anatomiques et physiologiques de l'ébauche avec sa base normale d'implantation.

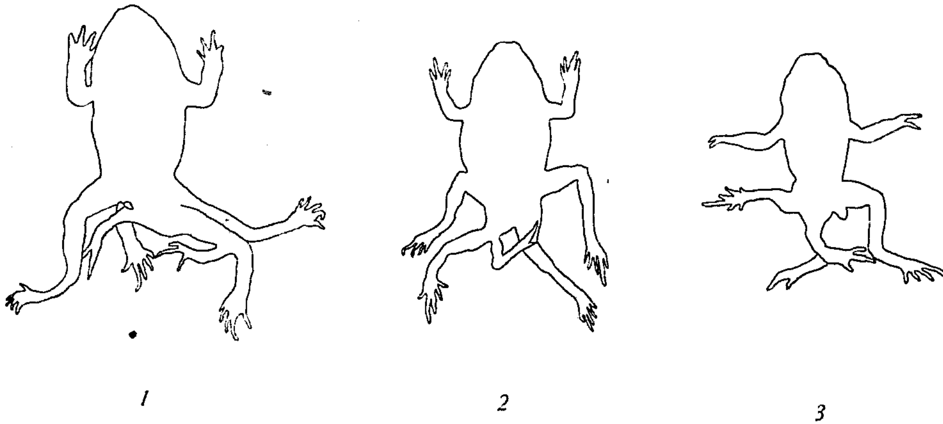
([3]) Ces figures sont des calques de photographies; les animaux sont vus par leur face dorsale et sont représentés ici grandeur naturelle.

Une seule ébauche a été opérée; la symétrique s'est développée sans fournir d'anomalies.

Dans la figure 1, la partie ventrale droite a été retournée; dans les figures 2 et 3, ce sont les parties dorsales gauches.

Si, par cette seconde technique opératoire, les demi-ébauches dorsale et ventrale ont pu se développer suivant leurs propres potentialités, une hyperrégénération importante a produit des formations nombreuses.

Compte tenu de leur unilatéralité, ces résultats sont comparables à ceux de Tornier (1906), qui avait fendu les ébauches des deux côtés et obtenu des hyperrégénérations bilatérales.



1 2 3

Du fait de la méthode opératoire adoptée, il est intéressant de considérer deux interprétations de la production des formations multiples : au premier abord, l'évolution de la demi-ébauche non retournée relèverait des « Formations triples par fracture » de Przibram (1921); celle de la partie retournée se rattacherait étroitement aux duplications et triplications obtenues par des transplantations ortho et hétérotopiques d'ébauches entières avec inversion d'un axe [Harrisson (1918), Gräper (1921), Swett (1926)].

En réalité, cette distinction ne peut être retenue.

Les parties dorsale et ventrale d'ébauche n'évoluent pas séparément; mais elles constituent, avec les éléments régénérateurs de la base d'implantation, un système complexe à polarités diverses.

Dans l'évolution de ce système, des corrélations étroites apparaissent entre la production des formations multiples et l'opposition et l'induction de ces polarités.

BACTÉRIOLOGIE. — *A propos du pouvoir bactéricide de l'argent métallique.* Note de M. **Georges Lakhovsky**.

MM. Ph. Lasseur, M. Pierret, A. Dupaix et C. Maguitot ([1]) cherchent à infirmer l'action de mes circuits oscillants en interprétant d'une façon qui ne me paraît pas exacte le sens de la Note du 15 avril 1929 sur le même sujet ([2]). En effet ils concluent : « En résumé, l'identité des pouvoirs bactéricides des dispositions C, E, F, G prouve que la forme du circuit employé ne joue aucun rôle dans les expériences considérées. Les différences d'action entre ces dispositifs et les dispositifs A, B et D semblent tenir à une inégale répartition du métal au sein du liquide dispersif. »

Or je n'ai pas dit autre chose. Si j'ai utilisé plusieurs formes de circuit, c'est uniquement pour augmenter la surface de contact du métal avec l'eau.

D'autre part ces auteurs prétendent que j'attribue le pouvoir bactéricide de mes spirales à l'action des circuits oscillants ouverts, dont j'avais parlé ([3]) à propos de la guérison des tumeurs cancéreuses des plantes.

Or, j'ai formellement spécifié, tant dans le titre que dans le texte de ma Communication ([2]), qu'il s'agit d'une action de *contact direct* du microbe avec la masse métallique.

D'ailleurs, nous savons qu'un circuit ne peut osciller que s'il est électriquement isolé, ce qui ne peut être le cas pour des circuits en fil métallique nu, en contact avec de l'eau ou un liquide conducteur.

Les résultats positifs obtenus dans les laboratoires et cliniques de tous les pays au moyen de mes circuits oscillants, tant sur les végétaux que sur les animaux, sont précisément caractérisés par le fait qu'il s'agit de circuits oscillants isolés de l'extérieur au moyen, soit d'une tige d'ébonite, soit d'une gaine en matière isolante. Un tel circuit serait sans action sur la stérilisation d'un liquide, pour laquelle le contact seul est nécessaire.

([1]) *Remarque sur le pouvoir bactéricide de l'argent métallique* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1024).

([2]) *La stérilisation de l'eau et des liquides par les circuits en métal en contact direct avec le liquide* (*Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1069).

([3]) *Explication des effets thérapeutiques des circuits oscillants ouverts sur l'organisme des êtres vivants* (*Comptes rendus*, 188, 1929, p. 657).

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Le rachitisme hypotrophique expérimental.* Note de MM. **G. Mouriquand**, **A. Leulier** et Mlle **L. Weill**, présentée par M. Charles Richet.

Tandis que le rachitisme floride se développe chez de gros enfants, généralement suralimentés par le lait de vache ou les farineux, le rachitisme hypotrophique s'observe principalement chez des nourrissons à croissance ralentie du fait de troubles digestifs chroniques, d'une infection, etc. Le nombre des rachitiques hypotrophiques (si nous en croyons notre statistique personnelle) est beaucoup plus important que celui des rachitiques florides.

L'expérimentation, entre les mains de Sherman et Pappenheimer, Mac Collum et ses collaborateurs Hess, Lesné, Mouriquand, Leulier Bernheim et Mlle Schoen, Mme Randoin, Lecoq, etc., a permis la reproduction du rachitisme en particulier chez le rat. Mais on sait que certaines conditions précises sont nécessaires pour obtenir le rachitisme expérimental, dont la plus essentielle (en dehors de l'obscurité et de l'élévation du rapport Ca/P) est la croissance de l'animal. Un animal qui ne croît pas (bien que soumis au régime rachitigène et à la carence solaire) fait peu ou pas de rachitisme. Dans des conditions identiques, un régime qui assure l'hypercroissance permet le développement d'un rachitisme intense.

En somme, il semble bien que, jusqu'ici, l'expérimentation n'ait réalisé que le type clinique du rachitisme floride et laissé en suspens toute l'importante question du rachitisme hypotrophique.

Depuis longtemps préoccupés de reproduire ce syndrome clinique, nous y sommes parvenus dans les conditions suivantes :

Comme nous l'avons ailleurs montré [1], si au régime rachitigène (85 de Pappenheimer) on ajoute un antifixateur : strontium, Mg (avec Mme A. Roche) Ca lui-même, on augmente dans des proportions très importantes les pertes calciques et phosphorées et les lésions rachitiques. Mais d'autre part, on trouble gravement la croissance chez la majorité des animaux. Les uns font une croissance insuffisante (10-15g pendant que les témoins prennent 60-80-100g), les autres ont pendant des semaines un poids en plateau, d'autres enfin perdent du poids de façon plus ou moins importante. Dans

---

(1) G. Mouriquand, A. Leulier, M. Bernheim et Mlle Weill, *Recherches sur les antifixateurs du calcium* (*Presse médicale*, 39, xlii, 27 mai 1931, p. 769).

les conditions expérimentales ordinaires ces animaux ne devraient pas devenir rachitiques, ou devraient faire un rachitisme insignifiant.

L'adjonction d'un antifixateur a donc réalisé l'anomalie, apparente, de s'opposer à la croissance tout en accentuant gravement les lésions osseuses rachitiques.

Cette expérience reproduit donc le type du rachitisme hypotrophique. Sans doute chez le nourrisson les mêmes antifixateurs ne sont pas en jeu, mais on peut affirmer que d'autres antifixateurs ou défixateurs (d'origine digestive, toxiinfectueuse, vasculaire, etc.) qu'il importe de préciser sont les facteurs essentiels de la réalisation clinique — si fréquente — de ce rachitisme hypotrophique.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Une nouvelle maladie enzootique du lapin : l'otite moyenne suppurée.* Note [1] de MM. **P. Remlinger** et **J. Bailly**, présentée par M. Roux.

Une maladie très curieuse a sévi cet hiver sur les lapins de l'Institut Pasteur de Tanger, indemnes en général de toute affection épizootique ou enzootique. Elle a atteint presque le cinquième de leur effectif. Le début est brusque. Un animal qui, la veille, n'avait attiré l'attention par aucun symptôme est trouvé le matin avec une attitude inclinée de la tête, sorte de torticolis latéral droit ou gauche qui s'exagère les jours suivants au point que la face arrive au contact du sol et que la région mandibulaire devient supérieure. L'état général n'est pas touché et l'animal continue à s'alimenter autant que le lui permet une position peu commode pour la préhension des aliments. Bientôt cependant se déclarent, provoquées par la moindre excitation sensorielle, des crises épileptiformes au cours desquelles l'animal tombe sur le côté, puis roule sur lui-même un certain nombre de fois (mouvements en tonneau), tandis que de vives secousses de détente agitent ses membres.

La crise terminée, le lapin demeure quelques minutes dans le décubitus latéral, les membres contractés, puis il reprend la station quadrupédale et bientôt se remet à manger. L'excitabilité est si grande qu'il suffit parfois de s'arrêter devant la cage de l'animal et de l'observer pour déclencher une

---

(1) Séance du 29 mars 1932.

attaque. La maladie peut passer à l'état chronique ou même se terminer par guérison mais, bien plus souvent, on voit le lapin éprouver à se redresser après les crises des difficultés de plus en plus grandes. Bientôt il n'y parvient plus et demeure en permanence dans le décubitus latéral. Même dans cette attitude il suffit encore de toucher l'animal pour provoquer des crises avec roulement du corps en tonneau. Il meurt finalement d'inanition. A l'autopsie, on ne trouve aucune lésion autre qu'une otite suppurée tantôt unie tantôt bilatérale. Tous les replis des oreilles moyenne et interne apparaissent tapissés par un enduit purulent, blanchâtre, inodore, très adhérent souvent aux parties osseuses. A un stade plus avancé, le limaçon et le labyrinthe sont transformés en une masse purulente gélatiniforme.

A titre exceptionnel, le rocher peut être carié, perforé, et l'on voit un abcès à pus épais, du volume d'un haricot comprimer le cervelet. Le microscope montre des polynucléaires profondément altérés, en voie de cytolyse avec des contours mal définis, des noyaux peu colorables et un gros diplocoque gonococciforme mais toujours extracellulaire et prenant le Gram. La présence de ce microorganisme est constante. Lorsque le *processus* de suppuration a atteint la membrane du tympan et mis l'oreille moyenne en communication directe avec le conduit auditif externe, il est associé à de nombreuses espèces bactériennes. Il est très facile au contraire de l'obtenir en culture pure si les animaux sont sacrifiés dès le début de la maladie. Il est formé de deux gros éléments d'aspect réniforme, mesurant chacun de $0^{\mu},6$ à $0^{\mu},8$, suivant l'orientation, il a parfois une forme sphérique atteignant $1^{\mu},5$ de diamètre. Il est mobile et affecté d'un double mouvement de rotation sur lui-même et de translation dans un plan. Il se développe abondamment dans tous les milieux nutritifs, ne liquéfie pas la gélatine, ne réduit pas le rouge neutre, ne fait pas fermenter les sucres et ne produit pas d'indol. Fraîchement extrait de l'organisme, ce germe qui n'est sans doute qu'un saprophyte devenu accidentellement virulent, se montre très pathogène, en injections sous-cutanées et surtout en instillations nasales pour le lapin, le cobaye et le rat blanc. L'animal succombe en 24-48 heures et montre à l'autopsie une vive inflammation des muqueuses pituitaire et trachéale (le cornet ethmoïdal en particulier est le siège d'une inflammation intense); une pneumonie à foyers disséminés, de la pleurésie et de la péricardite. Il existe de nombreux diplocoques dans tous les exsudats et le microorganisme peut également se rencontrer dans le sang. Par les repiquages et le séjour à l'étuve, la virulence des cultures s'atténue rapidement.

L'otite moyenne enzootique ne paraît pas contagieuse de lapin à lapin. Tout au moins est-ce impunément que nous avons fait partager à des animaux neufs les caisses en bois où se trouvaient les animaux malades. Après avoir fait dans l'élevage une douzaine de victimes, la maladie s'est éteinte spontanément sans qu'aient été prises d'autres mesures prophylactiques que des soins banaux de propreté.

La séance est levée à 15^h40^m.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 AVRIL 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. J. **Bordet** fait hommage à l'Académie des *Comptes rendus* du *Congrès national des Sciences* tenu à Bruxelles du 29 juin au 2 juillet 1930.

CORRESPONDANCE.

M. **George E. Hale**, M. **Luis Rodés**, Directeur de l'Observatoire de l'Ebre, à Tortosa, adressent à l'Académie l'expression de leurs sentiments de condoléance à l'occasion du décès de M. *G. Bigourdan*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une formule de Darboux.* Note de M. **Paul Montel.**

1. Il s'agit de la formule

$$f(z_2)-f(z_1)=\lambda(z_2-z_1)f'(\alpha),$$

que Darboux a substituée à celle des accroissements finis lorsque $f(z)$ désigne une fonction holomorphe d'une variable complexe z : α désigne l'affixe d'un point du segment rectiligne (z_1, z_2) et λ un nombre de module inférieur ou égal à l'unité.

Cette formule peut s'étendre au cas de plusieurs valeurs. Appelons

domaine de convexité d'un ensemble de points dans le plan, le domaine formé par les points communs à tous les domaines limités par une courbe fermée convexe enfermant tous les points de l'ensemble.

Soient $z_1, z_2, \ldots, z_{n+1}$, $n+1$ nombres différents et $f(z)$ une fonction holomorphe dans le domaine de convexité de ces $n+1$ points. Posons

$$D_{n+1}(f) = \begin{vmatrix} 1 & z_1 & z_1^2 & \ldots & z_1^{n-1} & f(z_1) \\ 1 & z_2 & z_2^2 & \ldots & z_2^{n-1} & f(z_2) \\ . & .. & .. & \ldots & \ldots. & \ldots.. \\ 1 & z_{n+1} & z_{n+1}^2 & \ldots & z_{n+1}^{n-1} & f(z_{n+1}) \end{vmatrix}$$

et

$$D_{n+1}(z^n) = d_{n+1}.$$

On établit la formule

$$D_{n+1}(f) = \lambda\, d_{n+1} \frac{f^{(n)}(\alpha)}{n\,!},$$

α désignant l'affixe d'un point du domaine de convexité des $n+1$ points z_1, $z_2, \ldots, z_{n+1}$ et λ un nombre dont le module ne dépasse pas l'unité.

La démonstration repose sur le calcul d'une intégrale multiple qui, pour $n=2$ par exemple, est $\int_{z_1}^{z_2} d\xi \int_{\xi}^{\xi'} f''(\eta)\, d\eta$, le point ξ décrivant le segment rectiligne (z_1, z_2) et le point η décrivant le segment rectiligne (ξ, ξ') parallèle au segment $z_1 z_3$ dont les extrémités ξ et ξ' sont placées sur $z_1 z_2$ et $z_2 z_3$.

2. La formule précédente subsiste, avec quelques modifications, si l'on suppose que plusieurs des z_i deviennent égaux. Soient $z_1, z_2, \ldots, z_h$, h nombres différents, $k_1, k_2, \ldots, k_h$, h entiers positifs dont la somme est égale à $n+1$. Nous poserons alors

$$D_{n+1}(f) = \begin{vmatrix} 1 & z_1 & \ldots & z_1^{n-1} & f(z_1) \\ 0 & 1 & \ldots & (n-1)\,z_1^{n-2} & f'(z_1) \\ . & . & \ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots.. \\ 0 & 0 & \ldots & \dfrac{(n-1)!}{(n-k_1)!}\,z_1^{n-k_1} & f^{(k_1-1)}_{(z_1)} \\ 1 & z_2 & \ldots & z_2^{n-1} & f(z_2) \\ 0 & 1 & \ldots & (n-1)\,z_2^{n-2} & f'(z_1) \\ . & . & \ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots.. \\ 0 & 0 & \ldots & \dfrac{(n-1)!}{(n-k_h)!}\,z_h^{n-k_h} & f^{(k_h-1)}_{(z_h)} \end{vmatrix}$$

avec

$$D_{n+1}(z^n) = d_{n+1}.$$

Soit $P(z)$ le polynome de Lagrange de degré $n-1$ qui, aux points z_1, $z_2, \ldots, z_h$ prend, ainsi que ses k_1-1, k_2-1, ..., k_h-1 premières dérivées, les mêmes valeurs que $f(z)$ et ses dérivées, avec $k_1+k_2+\ldots+k_h=n$. On peut écrire, D_{n+1} étant relatif aux nombres z, z_1, ..., z_h,

$$f(z)-P(z)=(-1)^n\frac{D_{n+1}(f)}{d_n}=\lambda(z-z_1)^{k_1}\ldots(z-z_h)^{k_h}\frac{f^{(n)}(\alpha)}{n!}.$$

On obtient ainsi une limite supérieure du module de l'erreur commise en remplaçant $f(z)$ par $P(z)$: α appartient au domaine de convexité des $h+1$ points z, z_1, ..., z_h.

3. On peut étendre de la même façon la formule de Weierstrass

$$f(z_2)-f(z_1)=(z_2-z_1)Z_1,$$

Z_1 désignant l'affixe d'un point du domaine de convexité de $f'(z)$ lorsque z appartient au segment rectiligne (z_1, z_2). Dans le cas général, on remplacera le nombre $\lambda f^{(n)}(\alpha)$ par Z_n, Z_n désignant un point du domaine de convexité des points $f^{(n)}(z)$ lorsque z décrit le domaine de convexité de z_1, $z_2, \ldots, z_h$.

4. Remplaçons maintenant les fonctions $1, z, z^2, \ldots, z^n$ par des fonctions holomorphes arbitraires $p_0(z)$, $p_1(z)$, ..., $p_n(z)$, et posons

$$\Delta_{n+1}(f)=\begin{vmatrix} p_0(z_1) & p_1(z_1) & \ldots & p_{n-1}(z_1) & f(z_1) \\ p_0(z_2) & p_1(z_2) & \ldots & p_{n-1}(z_2) & f(z_2) \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots \\ p_0(z_{n+1}) & p_1(z_{n+1}) & \ldots & p_{n-1}(z_{n+1}) & f(z_{n+1}) \end{vmatrix}$$

avec

$$\Delta_{n+1}(p_n)=\delta_{n+1}.$$

On peut établir la formule

$$\Delta_{n+1}(f)=\lambda H\,\delta_{n+1}\,E[f(\alpha)],$$

les nombres λ et α ayant des significations analogues à celles des paragraphes précédents, H désignant un nombre qui ne dépend que des points z_1, z_2, ..., z_{n+1} et non de $f(z)$, et $E(y)$ désignant le premier membre de l'équation différentielle linéaire d'ordre n qui admet comme intégrales p_0, $p_1, \ldots, p_{n-1}$ et telle que $E(p_n)=1$. On doit supposer que δ_{n+1} n'est pas nul et que les fonctions p_i ne sont liées par aucune relation linéaire à coefficients constants.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les changements de signe d'une fonction dans l'intervalle* $\overline{0, \infty}$. Note de M. **Michel Fekete**, présentée par M. Hadamard.

1. Soit $f(x)$ une fonction réelle continue pour $0 \leqq x < \infty$, telle que les intégrales

$$\int_0^\infty f(t) e^{-kt} t^n \, dt = M_n^{(k)} \{ f(x) \} = M_n^{(k)} \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots)$$

[c'est-à-dire les moments de $f(x)e^{-kx}$ relatifs à l'intervalle $\overline{0, \infty}$] existent pour toute valeur positive de k. Alors le nombre $v^{(k)}$ des variations de signe dans la suite infinie

$$(1) \qquad M_2^{(k)}, \quad M_1^{(k)}, \quad \ldots, \quad M_n^{(k)}, \quad \ldots \qquad (k > 0)$$

satisfait [d'après un théorème (¹) de M. Fejér] à l'inégalité

$$v^{(k)} \leqq V,$$

en désignant par $V (0 \leqq V \leqq \infty)$ le nombre des changements de signe de la fonction $f(x)$ quand x parcourt (en croissant toujours) l'intervalle $\overline{0, \infty}$.

On déduit de là (par une méthode analogue à celle de ma Note du 17 février 1930, *Comptes rendus*, 190, p. 413) *que*

$$(2) \qquad \lim_{k \to \infty} v^{(k)} = V,$$

à l'aide d'une inégalité

$$(3) \qquad \left| \frac{M_n^{(k)} \{ f(x) \}}{M_n^{(k)} \{ 1 \}} - f\left(\frac{n}{k}\right) \right| < \varepsilon.$$

2. Cette inégalité s'établit, pour $n \geqq N = N[\varepsilon, \rho; f(x)]$, $0 < n/k \leqq \rho < \infty$, sans aucune difficulté dans le cas où $f(x)$ est un polynome $p(x)$ en x et se déduit de là pour la fonction continue générale $f(x)$ du n° 1, en partant de l'identité

$$(4) \quad \frac{M_n^{(k)} \{ f(x) \}}{M_n^{(k)} \{ 1 \}} - f\left(\frac{n}{k}\right) = \left[\frac{M_n^{(k)} \{ p(x) \}}{M_n^{(k)} \{ 1 \}} - p\left(\frac{n}{k}\right) \right] - \delta\left(\frac{n}{k}\right) + \frac{k^n}{n!} \int_0^{2\rho} \delta(t) e^{-kt} t^n \, dt$$
$$- \frac{k^n}{n!} \int_{2\rho}^\infty \left[\frac{d}{dt} (t^n e^{(k-1)t}) \int_{2\rho}^t \delta(\tau) e^{-\tau} \, d\tau \right] dt,$$

(¹) *Comptes rendus*, 157, 1914, p. 1328.

le polynome $p(x)$ étant fixé de sorte que la différence $\delta(x) = f(x) - p(x)$ ne dépasse pas en module, pour $0 \leqq x \leqq 2\rho$, le nombre $\varepsilon/4$. Dans ce cas, pour $n \geqq N[\varepsilon/4, \rho; p(x)]$, $0 < n/k \leqq \rho$, le module de chacun des trois premiers termes dans le second membre de (4) ne dépasse pas $\varepsilon/4$, tandis que le module μ du dernier terme, pour $k \geqq 2$, $0 < n/k \leqq \rho$ satisfait à l'inégalité

$$\mu \leqq \gamma_\rho \left(\frac{2k\rho}{n} e^{-\frac{2k\rho}{n}} \right)^n \frac{n^n}{n!} \leqq \gamma_\rho \left(\frac{2}{e} \right)^n;$$

$$\left[\gamma_\rho = e^{2\rho} \text{ limite supérieure de } \left| \int_{2\rho}^{t} \delta(\tau) e^{-\tau} d\tau \right| \right].$$

et, par conséquent, pour n suffisamment grand et $k \geqq \rho n$, serait lui-même moindre que $\varepsilon/4$.

3. Pour une fonction $f(x)$, régulière pour $0 \leqq x < \infty$ et ayant $V (1 \leqq V < \infty)$ changements de signe dans cet intervalle, on peut tirer des variations entre les termes de la suite (1), non seulement la détermination du nombre V, mais bien aussi les valeurs de x correspondantes à ces changements de signe.

En effet, en supposant k suffisamment grand pour que l'égalité $v^{(k)} = V$ soit remplie, désignons, pour $1 \leqq i \leqq V$, par $\nu_i = \nu_i(k)$ la plus grande valeur de ν telle que les termes de la suite $M_0^{(k)}, M_1^{(k)}, \ldots, M_\nu^{(k)}$ ne présentent pas plus de $i - 1$ variations. On a alors

$$\lim_{k \to \infty} \frac{\nu_i}{k} = x_i,$$

en représentant par x_i le $i^{\text{ième}}$ terme dans la suite des zéros positifs d'ordre de multiplicité impair de $f(x)$.

La démonstration est entièrement analogue à celle de l'égalité (5) de ma Note citée.

4. D'après notre théorème, formulé sous (2), le nombre des variations dans la $k^{\text{ième}}$ ligne horizontale du tableau

$$(5) \qquad M_n^{(k)} \quad (n = 0, 1, 2, \ldots; k = 1, 2, 3, \ldots); \qquad \left(M_n^{(k)} = \int_0^\infty f(t) e^{-kt} t^n dt \right),$$

étant toujours $\leqq$ le nombre V des changements de signe de la fonction $f(x)$ du n° 1 dans l'intervalle $\overline{0, \infty}$, tend, pour $k \to \infty$, vers ce nombre V.

Il est facile de voir que, dans la limitation et l'évaluation de V, les lignes verticales du tableau (5) peuvent jouer le rôle des lignes horizontales. En

effet, moyennant le changement $e^{-x}=\xi$, les $M_n^{(k)}$ se transforment en

$$m_n^{(k)}=\int_0^1 \left(\log\frac{1}{\xi}\right)^n f\left(\log\frac{1}{\xi}\right)\xi^{k-1}\,d\xi \qquad (h=1, 2, \ldots),$$

c'est-à-dire en moments de la fonction $(\log 1/\xi)^n f(\log 1/\xi)$ dans l'intervalle $(0<\xi\leqq 1)$; c'est ce qui montre (d'après M. Fejér) que le nombre φ_n des variations dans la suite

$$M_n^{(1)},\quad M_n^{(2)},\quad \ldots,\quad M_n^{(k)},\quad \ldots$$

ne peut pas excéder le nombre V défini ci-dessus. Le reste se démontre par la méthode mentionnée plus haut, en se servant de l'inégalité (3).

5. Sous les hypothèses du n° 1, soit ω_k le nombre des variations dans la suite

$$(6)\qquad M_0^{(k)},\quad M_1^{(k-1)},\quad M_2^{(k-2)},\quad \ldots,\quad M_{k-1}^{(1)},$$

c'est-à-dire dans la $k^{\text{ième}}$ diagonale du tableau (5). On a alors

$$(7)\qquad \omega_k\leqq V \qquad (k=1, 2, \ldots);$$

$$(8)\qquad \lim_{k\to\infty}\omega_k=V.$$

En effet, pour toute valeur de n comprise entre 0 et $k-1$, on a évidemment

$$M_n^{(k-n)}=\int_0^\infty f(t)e^{-kt}(te^t)^n\,dt=\int_0^\infty f[\varphi(\tau)]e^{-k\varphi(\tau)}\varphi'(\tau)\tau^n\,d\tau,$$

en désignant par $t=\varphi(\tau)$ la fonction inverse de $\tau=te^t$, toujours croissante quand τ parcourt l'intervalle $\overline{0,\infty}$. Autrement dit, les termes de (6) coïncident, pour $0\leqq n\leqq k-1$, avec les moments de la fonction $f[\varphi(x)e^{-k\varphi(x)}\varphi'(x)$ relatifs à l'intervalle $\overline{0,\infty}$; d'où (en vertu du théorème de M. Fejér) notre assertion (7).

En combinant ce résultat avec l'inégalité $\omega_k\geqq\omega$, qui s'établira sans peine pour $k\geqq K(\omega)$, sous l'hypothèse $1\leqq\omega\leqq V$, à l'aide de (4), on aura la validité de (8) pour $V>0$; tandis que, dans le cas $V=0$, on aura, pour tout nombre naturel k, $\varphi_k=0=V$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Extension d'un théorème de M. F. Riesz aux fonctions sousharmoniques d'ordre p*. Note ([1]) de M. **Miron Nicolesco**, présentée par M. E. Goursat.

1. J'ai introduit ([2]) la notion de fonctions sousharmoniques et surharmoniques *d'ordre p*, en établissant la propriété suivante : Soit $u(A)$ une fonction d'un point $A(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ de l'espace à n dimensions, sousharmonique d'ordre p dans un domaine D de cet espace.

Si $u(A)$ possède des dérivées partielles continues jusqu'à l'ordre $2p$, inclusivement, on aura, dans ce domaine,

$$(-1)^p \Delta^p u(A) \leqq 0. \tag{1}$$

Réciproquement, si l'inégalité précédente a lieu dans D, *la fonction $u(A)$ sera sousharmonique d'ordre p dans ce domaine.*

2. Ce théorème était la généralisation d'une propriété bien connue des fonctions sousharmoniques ordinaires (d'ordre un, d'après notre terminologie). Mais ces dernières fonctions jouissent d'une autre propriété importante, due à M. F. Riesz, et qui fut la raison de leur dénomination de fonctions *sousharmoniques :* Soit $U(A)$ une fonction harmonique (d'ordre un) dans D, prenant les mêmes valeurs que $u(A)$ sur la frontière F′ d'un domaine D′ intérieur à D. Si $u(A)$ est sousharmonique (d'ordre un) dans D′, on aura dans ce domaine

$$u(A) \leqq U(A),$$

le signe d'égalité n'ayant lieu que partout ou nulle part ([3]).

Y a-t-il une propriété analogue pour nos fonctions sousharmoniques d'ordre p? La réponse est affirmative :

Soit $u(A)$ une fonction sousharmonique d'ordre p dans D, *possédant dans ce domaine des dérivées partielles continues jusqu'à l'ordre $2p$ inclusive-*

([1]) Séance du 4 avril 1932.

([2]) Miron Nicolesco, *Sur les fonctions harmoniques et sousharmoniques d'ordre p* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1152).

([3]) F. Riesz, *Sur les fonctions subharmoniques et leur rapport à la théorie du potentiel* (*Acta Mathematica*, 48, 1926, p. 329-343).

ment ([1]). *Soit encore* U(A) *la fonction harmonique d'ordre p, telle que l'on ait, sur la frontière* F′ *d'un domaine* D′ *intérieur à* D,

(2) $$U \equiv u, \quad \Delta U \equiv \Delta u, \quad \ldots, \quad \Delta^{p-1} U \equiv \Delta^{p-1} u.$$

Dans ces conditions, on aura, à l'intérieur de D′,

$$u(A) \leqq U(A),$$

l'égalité n'ayant lieu que partout ou nulle part.

La démonstration en résultera tout de suite d'une formule que nous avons établie précédemment ([2]). Soit $\mathcal{G}(P, Q)$ la fonction de Green pour le domaine D′. Posons, respectivement,

(3) $$\overset{**}{G}{}^{1}(P, Q) = G(P, Q) = \frac{-1}{(n-2)\sigma_n} \mathcal{G}(P, Q),$$

(4) $$\overset{**}{G}{}^{i}(P, A) = \int_{D'} G(P, Q) \overset{**}{G}{}^{i-1}(Q, A)\, dv(Q) \qquad (i = 2, 3, \ldots),$$

où σ_n est la surface de l'hypersphère-unité de l'espace à n dimensions.

Alors on a la formule

$$u(A) = -\sum_{i=0}^{p-1} \int_{F'} \Delta^i u(P) \frac{d\overset{**}{G}{}^{i+1}(P, A)}{dn_i} d\sigma(P) + \int_{D'} \overset{**}{G}{}^{p}(Q, A) \Delta^p u(Q)\, dv(Q),$$

valable pour toute fonction u(A) possédant dans D′ des dérivées partielles continues jusqu'à l'ordre $2p$ inclusivement. Si l'on suppose, maintenant, u(A) sousharmonique d'ordre p dans D, on aura, d'une part, l'inégalité (1); d'autre part, les conditions (2) donneront

$$U(A) = -\sum_{i=0}^{p-1} \int_{F'} \Delta^i u(P) \frac{d\overset{**}{G}{}^{i+1}(P, A)}{dn_i} d\sigma(P),$$

d'où

(5) $$u(A) - U(A) = \int_{D'} \overset{**}{G}{}^{p}(Q, A) \Delta^p u(Q)\, dv(Q).$$

([1]) La propriété doit, probablement, être vraie encore dans le cas où l'on suppose u(A) simplement *continue*. C'est dans cette hypothèse, d'ailleurs, que M. F. Riesz démontre son théorème. Malheureusement, sa démonstration ne peut être étendue aux fonctions sousharmoniques d'ordre > 1, car elle s'appuie sur des propriétés des fonctions harmoniques (d'ordre un) qui ne s'étendent pas aux fonctions harmoniques d'ordre > 1.

([2]) Miron Nicolesco, *Sur le problème de Riquier* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 682).

Or, d'après (1), $\Delta^p u$ a, à l'intérieur de D, le signe de $(-1)^{p-1}$; d'autre part, d'après les formules (3) et (4), $\overset{**}{G}{}^p(Q, A)$ aura le signe de $(-1)^p$, donc l'intégrale du second membre de (5) aura le signe de $(-1)^{2p-1}$, c'est-à-dire qu'elle sera négative. Elle ne pourrait, d'ailleurs, être nulle, vu la condition (1), que si l'on avait identiquement $\Delta^p u \equiv 0$. On a donc bien, dans D',

$$u(A) \leqq U(A),$$

le signe = ne convenant que si u est harmonique d'ordre p, c'est-à-dire si u coïncide avec U.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles correspondant à des surfaces de genre un.* Note [1] de M. **S. K. Zaremba**, présentée par M. Élie Cartan.

Considérons une équation différentielle, telle que la variété V des éléments linéaires qui lui satisfont forme une surface de genre un, c'est-à-dire une surface équivalente au point de vue topologique à un tore. Nous supposons de plus que cette équation satisfait à des conditions de régularité suffisantes pour assurer l'unicité des intégrales et qu'elle ne possède pas d'éléments singuliers [2]. Dans la suite, nous considérerons, à l'exemple de Poincaré [3], les courbes intégrales de l'équation donnée comme tracées sur la surface V, en supposant qu'aucune de ces courbes, dites caractéristiques, n'est fermée. On a alors le lemme suivant :

Soit I_0 une caractéristique quelconque. Désignons par K_0 son ensemble de condensation, c'est-à-dire l'ensemble des points dont tout voisinage est traversé une infinité de fois par la caractéristique I_0. Soit I une caractéristique passant par un point n'appartenant pas à I_0. Alors son ensemble de condensation, K, est contenu dans K_0.

En effet, on peut toujours tracer sur la surface V un cycle sans contact [4].

---

[1] Séance du 4 avril 1932.

[2] Au sujet de la notion d'élément singulier, voir S.-K. Zaremba, *Sur les équations différentielles dans le plan projectif* (*Annales de la Société Polonaise de Mathématiques*, 8, 1929, p. 257-277). La même notion est contenue implicitement dans le célèbre Mémoire de Poincaré, *Sur les courbes définies par une équation différentielle* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 3e série, 7, 1881, p. 375-422; 8, 1882, p. 251-296, et 4e série, 1, 1885, p. 167-244; 2, 1886, p. 151-217).

[3] *Loc. cit.*

[4] Poincaré, *loc. cit.*

Il est aisé de voir que dans les conditions où nous nous plaçons, toute caractéristique traverse ce cycle une infinité de fois. La partie commune k_0 de ce cycle et de K_0 est un ensemble fermé, son complément relatif sur le cycle est donc formé d'arcs contigus à k_0. Considérons alors, selon la loi de conséquence envisagée par Poincaré, les images successives et les antécédents de l'arc contigu contenant n'importe lequel des points communs à la caractéristique I et au cycle sans contact considéré. Ce seront toujours des arcs contigus à k_0. La démonstration du lemme résulte alors de la remarque facile à vérifier, que parmi ces conséquents et antécédents, nous ne retrouverons jamais l'arc contigu primitif.

On déduit de ce lemme plusieurs conséquences.

D'abord $K = K_0$, car K_0 est contenu dans K. En effet, si la caractéristique I_0 est contenue dans K, cela résulte de ce que K est fermé; si la caractéristique I_0 n'est pas contenue dans K, on peut la permuter avec I dans le raisonnement précédent et l'on arrive au même résultat. Donc l'ensemble de condensation est le même pour toutes les caractéristiques sans exception.

En particulier, aucune caractéristique située en dehors de K_0 ne se condense sur elle-même; au contraire, l'ensemble K_0 est formé de caractéristiques dont chacune se condense à la fois sur elle-même et sur chaque autre caractéristique faisant partie de cet ensemble. On en déduit facilement que K_0 est aussi l'ensemble de condensation de toutes les demi-caractéristiques. Voici maintenant une autre conséquence de la même remarque : k_0 est un ensemble parfait; il a donc la puissance du continu. On en déduit que l'ensemble des caractéristiques contenues dans K_0 a aussi la puissance du continu.

Nous nous sommes placés dans le cas où il n'y a pas de caractéristiques fermées. Mais comme il est facile de voir que sur une surface V de genre un sans éléments singuliers, des caractéristiques fermées ne peuvent pas coexister avec des caractéristiques se condensant sur elles-mêmes, l'énoncé précédent peut être mis sous la forme suivante : Si sur une surface V de genre un sans éléments singuliers, il existe des intégrales se condensant sur elles-mêmes, leur ensemble a la puissance du continu.

Du fait que l'ensemble de condensation est le même pour toutes les caractéristiques on déduit encore la conséquence que voici : Si une caractéristique recouvre d'une façon partout dense la variété V, toute autre caractéristique possède la même propriété.

Poincaré, en considérant plus particulièrement les équations analytiques, a envisagé à titre d'hypothèses les deux propositions suivantes : A. Toute

caractéristique se condensant sur elle-même recouvre d'une façon partout dense la surface V; B. L'existence d'une caractéristique se condensant sur elle-même entraîne la même propriété pour toutes les autres caractéristiques. L'équivalence de ces deux propositions par rapport à une équation quelconque satisfaisant à nos hypothèses résulte facilement des considérations précédentes.

Nous terminerons en remarquant que l'existence d'une intégrale singulière n'infirme pas la validité des résultats obtenus ci-dessus en ce qui concerne les intégrales non singulières (1).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Mouvement d'un fluide incompressible autour d'un obstacle.* Note de M. **D. Riabouchinsky**, présentée par M. Henri Villat.

J'ai mentionné (2) que la méthode des filets colorés pouvait être appliquée à l'intégration mécanique des équations du mouvement d'un fluide compressible. On peut utiliser dans ce but deux procédés différents; le premier est basé, comme le procédé électrique de M. G.-J. Taylor (3), sur une application des méthodes d'approximation successives de M. E. Picard, le deuxième prend comme point de départ la transformation de M. P. Molenbroek (4) et M. A. Tchapliguine (5).

Prenons les équations du mouvement plan sous la forme

$$(1)\quad u=\frac{\partial\varphi}{\partial x}=\frac{\rho_0}{\rho}\frac{\partial\psi}{\partial y}=(1-\tau)^{-\beta}\frac{\partial\psi}{\partial y},\qquad v=\frac{\partial\varphi}{\partial y}=-\frac{\rho_0}{\rho}\frac{\partial\psi}{\partial x}=-(1-\tau)^{-\beta}\frac{\partial\psi}{\partial x},$$

$$(2)\quad \tau=\frac{\gamma-1}{2}\frac{q^2}{c_0^2}=\frac{q^2}{q_{\text{max.}}^2},\qquad \beta=\frac{1}{\gamma-1}\cong 2,5,$$

où c_0 est la vitesse du son correspondant à la pression p_0 et à la densité ρ_0 en un point de vitesse nulle.

---

(1) S. K. Zaremka, *Sur l'allure des intégrales d'une équation différentielle ordinaire du premier ordre au voisinage d'une intégrale singulière* (*Bulletin international de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres*, 1931, p. 288-321; voir § 2, p. 294).

(2) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 647.

(3) *Ztschr. f. angew. Math. u. Physik*, **10**, 1930, p. 335.

(4) *Archiv der Math. u. Physik*, II, **9**, 1890, p. 192.

(5) A. Tchapliguine, *Sur les jets gazeux* [*Annales scientifiques de l'Université de Moscou*, Cl. Phys. Math., Fasc. **21**, 1904, p. 1 à 121, Moscou (en russe)].

Prenons ensuite les équations du mouvement d'un liquide visqueux entre deux glaces suffisamment rapprochées (3) et celles du courant électrique circulant dans une couche conductrice d'épaisseur variable (4)

$$(3) \qquad \frac{h_1^2}{h^2}u' = \frac{\partial\varphi}{\partial x} = \frac{h_1^3}{h^3}\frac{\partial\psi}{\partial y}, \qquad \frac{h_1^2}{h^2}v' = \frac{\partial\varphi}{\partial y} = -\frac{h_1^3}{h^3}\frac{\partial\psi}{\partial x}, \qquad \varphi = -\frac{h_1^2}{3\mu}p;$$

$$(4) \qquad -\sigma f = \frac{\partial\varphi}{\partial x} = \frac{\sigma}{t}\frac{\partial\psi}{\partial y}, \qquad -\sigma g = \frac{\partial\varphi}{\partial y} = -\frac{\sigma}{t}\frac{\partial\psi}{\partial x},$$

h est la distance entre les glaces; h_1, une constante; (u', v'), la vitesse moyenne; f et g sont les composantes de la densité du courant; σ la résistance; t, l'épaisseur de la couche.

Si l'on pose

$$(5) \qquad \frac{\sigma}{t} = \frac{h_1^3}{h^3} = (1-\tau)^{-\beta},$$

on constate qu'il existe une étroite analogie entre les trois phénomènes. On peut donc appliquer directement le procédé de M. Taylor à la méthode des filets colorés et modifier la distance h entre les glaces par retouches successives. Inversement l'extension de la méthode des filets colorés aux mouvements cycliques ou symétriques autour d'un axe peut être adaptée au procédé électrique ainsi que la deuxième méthode d'intégration mécanique des équations du mouvement que nous exposerons maintenant. Cette deuxième méthode est dans certains cas plus simple, car elle permet de calculer directement les fonctions $h(x, y)$ et $t(x, y)$.

M. Molenbroek et M. Tchapliguine ont transformé les équations (1) en prenant comme variables indépendantes τ et l'angle θ de la vitesse q avec Ox. M. Tchapliguine donne cette transformation sous la forme

$$(6) \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial\theta} = 2\tau(1-\tau)^{-\beta}\frac{\partial\psi}{\partial\tau}, \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial\tau} = -\frac{1-(2\beta+1)\tau}{2\tau}(1-\tau)^{-\beta+1}\frac{\partial\psi}{\partial\theta},$$

et démontre que, si la vitesse ne dépasse en aucun point du domaine fluide la vitesse locale du son, c'est-à-dire si la condition

$$(7) \qquad \tau < \frac{1}{2\beta+1} = \frac{\gamma-1}{\gamma+1}, \qquad q^2 < \frac{2}{\gamma+1}c_0^2 = c^{*2} = \frac{\gamma-1}{\gamma+1}q^2_{\max.},$$

est partout vérifiée, la répartition des valeurs maxima et minima des fonctions figurant dans l'équation (6) est soumise aux mêmes restrictions que celle des fonctions correspondantes du problème harmonique. Il donne aussi, dans quelques cas particuliers, des développements uniformément

convergents des fonctions φ et ψ et discute des exemples de surfaces de glissement dans les gaz en poussant les calculs jusqu'aux valeurs numériques.

Transformons les équations (6) en introduisant les nouvelles variables

$$(8)\qquad 2\chi = \log\frac{1-u}{1+u} + \sqrt{2\beta+1}\log\frac{\sqrt{2\beta+1}+u}{\sqrt{2\beta+1}-u}, \qquad u = \frac{\sqrt{1-(2\beta+1)\tau}}{\sqrt{1-\tau}};$$

$$(9)\qquad \frac{\partial\varphi}{\partial\theta} = f(\chi)\frac{\partial\psi}{\partial\chi}, \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial\chi} = -f(\chi)\frac{\partial\psi}{\partial\theta}; \qquad f(\chi) = u\left(\frac{2\beta+1-u^2}{2\beta}\right)^{\beta}.$$

Si la condition (7) est satisfaite (¹), on peut comparer les équations (8) et (9) ou (3) et (9) et l'on trouve dans ce dernier cas, pour déterminer la distance h entre les glaces, l'équation $h^3 f(\chi) = h_1^3$. A la valeur limite $q = c^*$ correspond une valeur infinie du rapport $h : h_1$, mais pour $q = 0{,}999\, c^*$ on a $h : h_1 = 2{,}35$ et la méthode est encore applicable (²). Si le fluide est limité par des droites $\chi =$ const. et $\theta =$ const., on obtiendra, en mesurant le gradient de la pression p le long de ces droites, les relations respectives $d\varphi = F_1(\theta)\, d\theta$, $d\varphi = F_2(\chi)\, d\chi$ et, en tenant compte des équations $d\varphi = q_1\, ds$, $dx = \cos\theta\, ds$, $dy = \sin\theta\, ds$, on pourra calculer la forme des lignes de vitesse constante dans le plan x, y ainsi que la vitesse et, par conséquent, la pression sur les parois de l'obstacle.

(¹) Dans toutes régions du domaine fluide où la condition (7) cesse d'être vérifiée, u, χ, $f(\chi)$ deviennent purement imaginaires et les équations déterminant φ et ψ se transforment en équations du type hyperbolique.

(²) Lorsque $c_0 \to \infty$, $\tau \to 0$ et le plan χ, θ se confond avec le plan $(\log q - i\theta)$ du problème harmonique correspondant. On peut éliminer les valeurs infinies de χ, sans modifier sensiblement le mouvement, en imaginant de petites pointes placées aux points où les filets fluides se séparent en deux. On éliminera aussi les lignes de courant disposées loin de l'obstacle. Le mouvement sera entretenu par deux sources d'intensité contraires placées sur les deux côtés de l'extrémité de la coupure; la source positive émettra les filets colorés qui traceront les lignes de courant. Dans le cas général le plan de la variable χ, θ devra être représenté sur une surface de Riemann; on pourra réaliser cette dernière en utilisant une série de raccords convergents-divergents s'entre-croisant, sans se couper, tout le long de la ligne de ramification; les déformations du mouvement resteront localisées dans la zone de passage.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les mouvements lents des fluides compressibles.* Note de M. **Basile Demtchenko**, présentée par M. Henri Villat.

Le mouvement bidimensionnel permanent d'un fluide compressible est caractérisé par les équations

$$(1)\quad \frac{\partial\varphi}{\partial x}=\frac{\rho_0}{\rho}\frac{\partial\psi}{\partial y},\qquad \frac{\partial\varphi}{\partial y}=-\frac{\rho_0}{\rho}\frac{\partial\psi}{\partial x},\qquad \rho=\rho_0 f(q^2),\qquad q^2=\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2,$$

ρ_0 étant la densité qui correspond à la vitesse nulle. $f(q^2)$ est une fonction déterminée d'après l'équation caractéristique du gaz. Le développement de la fonction $1/f^2$, au voisinage du point $q=0$, a la forme suivante :

$$(2)\quad \frac{1}{f^2}=1+\frac{q^2}{c_0^2}+\frac{q^4}{c_0^4}R(q^2),\qquad c_0^2=\left(\frac{dp}{d\rho}\right)_0,$$

où c_0 est la vitesse du son correspondant à $\rho=\rho_0$. Le terme $R(q^2)$ reste fini pour $q=0$.

En suivant une ingénieuse méthode de M. A. Tchapliguine exposée dans son Mémoire remarquable sur les jets gazeux ([1]), nous transformons les équations (1) en prenant pour variables indépendantes les quantités

$$(3)\quad \sigma=\sigma_1+\int_q^{q_1} f(q^2)\,\frac{dq}{q},\qquad \theta=\operatorname{arc\,tang}\frac{\dfrac{\partial\varphi}{\partial y}}{\dfrac{\partial\varphi}{\partial x}}.$$

On obtient alors

$$(4)\quad \frac{\partial\varphi}{\partial\theta}=-\frac{\partial\psi}{\partial\sigma},\qquad \frac{\partial\varphi}{\partial\sigma}=K\frac{\partial\psi}{\partial\theta};$$

$$(5)\quad K=\frac{1+2q^2\dfrac{f'(q^2)}{f(q^2)}}{[f(q^2)]^2}.$$

Pour que le coefficient K soit identiquement égal à 1, il faut que la fonction $f(q^2)$ satisfasse à la relation

$$(6)\quad \frac{1}{f^2}=1+Aq^2,$$

([1]) A. Tchapliguine, *Sur les jets gazeux* [*Annales scientifiques de l'Université de Moscou*, Cl. Phys. Math., Fasc. 21, 1904, p. 1 à 121, Moscou (en russe)].

A étant une constante. Mais pour cela, il faut que l'équation caractéristique du gaz soit de la forme

$$(7) \qquad p - p_0 = \frac{\rho_0^2}{A}\left[\frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{\rho}\right],$$

ce qui ne correspond à aucune loi physique. On ne peut donc satisfaire à la condition (6) qu'approximativement. Par exemple, si dans le développement (2) on néglige les termes à partir de ceux du quatrième ordre, on obtient bien une relation du type (6) avec $A = 1/c_0^2$. Mais cette approximation ne sera valable évidemment que si le rapport q/c_0 ne dépasse pas dans tout le domaine fluide une certaine limite. Nous appellerons les mouvements des gaz satisfaisant à cette condition *mouvements lents* et nous nous bornerons à leur étude.

Dans le cas de la détente adiabatique on a, d'après A. Tchapliguine :

$$(8) \qquad K = \frac{1 - \frac{q^2}{c^{*2}}}{\left[1 - \frac{\gamma - 1}{\gamma + 1}\frac{q^2}{c^{*2}}\right]^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}, \qquad c^{*2} = \frac{2}{\gamma + 1}c_0^2, \qquad \gamma = 1,4\ldots.$$

Pour $q/c^* = 0,3$; $0,4$; $0,5$, on a respectivement $K = 0,996$; $0,988$; $0,966$, ce qui justifie pleinement notre approximation.

Introduisons la variable complexe $\Omega = \theta - i\sigma$. Le potentiel complexe $w = \varphi + i\psi$ est d'après (4) une fonction analytique de Ω. On peut donc effectuer la représentation conforme des plans Ω et w sur le même plan auxiliaire, comme dans le cas des fluides incompressibles; sur le demi-plan supérieur $t = t_1 + it_2$ par exemple, si le domaine Ω est simplement connexe.

La fonction $\Omega(t)$ étant construite, la vitesse et la densité sont données par les formules

$$(9) \qquad \frac{1}{q}e^{i\theta} = C_1 e^{i\Omega} + C_2 e^{i\overline{\Omega}}, \quad \frac{1}{q}e^{i\theta}\frac{\rho_0}{\rho} = C_1 e^{i\Omega} - C_2 e^{i\overline{\Omega}}, \qquad \overline{\Omega} = \theta + i\sigma,$$

où les constantes C_1 et C_2 sont déterminées d'après la condition $q = q_1$, $\sigma = \sigma_1$

$$(10) \qquad C_1 = \frac{e^{-\sigma_1}(\rho_1 + \rho_0)}{2q_1\rho_1}, \qquad C_2 = \frac{e^{\sigma_1}(\rho_1 - \rho_0)}{2q_1\rho_1}.$$

La constante σ_1 étant arbitraire, on peut admettre $e^{-\sigma_1} = q_1$, et alors on a

$$(10)' \qquad C_1 = \frac{\rho_1 + \rho_0}{2\rho_1}, \qquad C_2 = \frac{\rho_1 - \rho_0}{2q_1^2\rho_1}.$$

On passe au plan $z = x + iy$ d'après la formule

$$dz = \frac{1}{q} e^{i\theta} \left[d\varphi + \frac{i}{f(q^2)} d\psi \right], \tag{11}$$

et l'on obtient

$$dz = C_1 e^{i\Omega(t)} \Phi'(t)\, dt + C_2 e^{i\bar{\Omega}(\bar{t})} \bar{\Phi}'(\bar{t})\, d\bar{t}, \qquad \bar{t} = t_1 - it_2 \tag{12}$$

où $\Phi'(t) = dw/dt$. En posant $J'(t) = e^{i\Omega(t)} \Phi'(t)$, on peut mettre la formule (12) sous la forme suivante :

$$dz = C_1 J'(t)\, dt + C_2 \frac{[\bar{\Phi}'(\bar{t})]^2}{\bar{J}'(\bar{t})} d\bar{t}. \tag{13}$$

Nous appellerons le plan $z_0 = J(t)$ *la base* du plan z. Si le potentiel w est uniforme, il représente l'écoulement d'un fluide compressible dans le plan de la base z_0. A la paroi S limitant le fluide compressible dans le plan z correspond une autre paroi S_0 limitant le fluide incompressible dans le plan de la base. Aux points conjugués des plans z et z_0, les vitesses sont parallèles. Si le potentiel w est multiforme, le domaine z_0 perd son sens physique, car le plan de la base z_0 ne se referme plus.

La pression dans le fluide est donnée par la formule

$$p - p_1 = -\frac{\rho_0 \rho_1}{\rho_0 + \rho_1} \left[\frac{q_1 e^{\sigma_1}}{C_1 e^{2\sigma} + C_2} - q_1^2 \right]. \tag{14}$$

D'où l'on calcule facilement la résistance éprouvée par un segment AB de l'obstacle S,

$$R = R_x + iR_y = \frac{1}{i} \int_{AB} (p - p_1)\, dz = \frac{\rho_0 q_1}{2i} \int_{AB} \left[e^{-\sigma_1} e^{i\Omega} - e^{\sigma_1} e^{i\bar{\Omega}} \right] \Phi'(t)\, dt. \tag{15}$$

En supposant $e^{-\sigma_1} = q_1$, c'est-à-dire en admettant que, aux deux points conjugués z_1 et z_{01} des plans z et z_0 les vitesses soient les mêmes, on obtient

$$R = \frac{\rho_0}{2i} \int_{AB} \left(q_1^2 e^{i\Omega} - e^{i\bar{\Omega}} \right) \Phi'(t)\, dt. \tag{16}$$

C'est la même résistance qu'éprouve le segment conjugué $A_0 B_0$ *de la paroi* S_0 *de la base*. Nous voyons donc que tous les problèmes du mouvement permanent lent d'un fluide compressible dans le plan z se réduisent aux problèmes relatifs à un fluide incompressible dans le plan de la base z_0.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la détermination de la vitesse due à des files indéfinies de tourbillons.* Note de M. **Georges Durand**, présentée par M. Henri Villat.

Les expériences de MM. Bénard et von Karman conduisent à considérer des files indéfinies de tourbillons. Soit d'abord une file *unique* constituée par des tourbillons de même intensité J, de même sens et d'affixes respectives $z_k = z_0 + kl$; les théories classiques donnent, pour la vitesse complexe en un point d'affixe z, une série

$$u - iv = \frac{J}{2i\pi}\sum_{-\infty}^{+\infty}\frac{1}{z - z_k},$$

qui est en général indéterminée et que l'on rend convergente en groupant les termes qui correspondent à des valeurs opposées de k [1]. On peut se demander quelle est, du point de vue physique, la nécessité d'un tel groupement.

Posant $\alpha = (z - z_0)/l$, la vitesse complexe s'écrit

$$u - iv = \frac{J}{2i\pi}\,\frac{1}{l}\left(\frac{1}{\alpha} + \lim_{\substack{m=\infty \\ p=\infty}} S_{m,p}\right),$$

avec

$$S_{m,p} = \frac{1}{\alpha+1} + \frac{1}{\alpha+2} + \ldots + \frac{1}{\alpha+m} + \frac{1}{\alpha-1} + \frac{1}{\alpha-2} + \ldots + \frac{1}{\alpha-p},$$

ou, en supposant pour fixer les idées, $m > p$:

$$S_{m,p} = 2\alpha\sum_{1}^{+\infty}\frac{1}{\alpha^2 - p^2} + \left(\frac{1}{\alpha+p+1} + \frac{1}{\alpha+p+2} + \ldots + \frac{1}{\alpha+m}\right).$$

A la limite, le premier terme est une série convergente (au facteur l près, celle qu'on obtient avec le procédé de sommation indiqué plus haut). Pour la quantité entre parenthèses, il est bien connu qu'on a

$$\lim_{\substack{m=\infty \\ p=\infty}}\left(\frac{1}{\alpha+p+1} + \frac{1}{\alpha+p+2} + \ldots + \frac{1}{\alpha+m}\right) = \lim_{\substack{m=\infty \\ p=\infty}}\int_{p+1}^{m}\frac{dt}{\alpha+t} = \lim \log\frac{m}{p}.$$

[1] H. Lamb, *Hydrodynamics*, 5e édit., Cambridge, 1930, p. 207, n° 156, et p. 209, en note; H. Villat, *Leçons sur la théorie des tourbillons* (Paris, Gauthier-Villars, 1930, Chap. IV).

En définitive, C et C′ étant des constantes arbitraires,

$$u - iv = \frac{J}{2i\pi}\left[\frac{1}{z-z_0} + \sum_1^{+\infty} \frac{2(z-z_0)}{(z-z_0)^2 - k^2 l^2} + C\right] = \frac{J}{2il}\left[\cot\frac{\pi}{l}(z-z_0) + C'\right].$$

L'indétermination, pour la valeur de la vitesse en un point, se réduit donc à une constante additive arbitraire, *indépendante du point considéré*, ce qui permet de préciser cette constante dès qu'on connaît la vitesse pour un point quelconque. Mais, séparant le réel et l'imaginaire,

$$u = -\frac{J}{2l}\,\frac{\operatorname{sh}\frac{2\pi}{l}(y-y_0)}{\operatorname{ch}\frac{2\pi}{l}(y-y_0) - \cos\frac{2\pi}{l}(x-x_0)};$$

$$v = \frac{J}{2l}\left[\frac{\sin\frac{2\pi}{l}(x-x_0)}{\operatorname{ch}\frac{2\pi}{l}(y-y_0) - \cos\frac{2\pi}{l}(x-x_0)} + C'\right];$$

pour $y = \pm\infty$, il vient $\lim u = \pm J/2l$, $\lim v = JC'/2l$. Quelle que soit la constante arbitraire, la vitesse ne peut s'annuler à l'infini sur une parallèle à Oy; cette conclusion d'apparence paradoxale rend difficile l'interprétation physique d'une seule file indéfinie de tourbillons, configuration qui n'a jamais été observée, mais que l'on étudie au début de la Théorie pour en faciliter l'exposé. Si toutefois on désire préciser C, on peut admettre que, par raison de symétrie, la vitesse propre d'un tourbillon est *nulle :* alors C ou $C' = 0$.

Au contraire, le paradoxe précédent disparaît si l'on envisage le cas, donné par l'expérience, de *deux* files parallèles de tourbillons, ceux-ci ayant toujours la même intensité, mais les signes étant contraires dans les deux files. La vitesse en un point est alors donnée par la différence de deux séries de la même forme que précédemment, donc encore déterminée à une constante près, *indépendante du point :*

$$u - iv = \frac{J}{2i\pi}\left[\frac{1}{z-z_0} + \sum_1^{+\infty} \frac{2(z-z_0)}{(z-z_0)^2 - k^2 l^2} - \frac{1}{z-z'_0} - \sum_1^{+\infty} \frac{2(z-z'_0)}{(z-z'_0)^2 - k^2 l^2} + C\right]$$
$$= \frac{J}{2il}\left[\cot\frac{\pi}{l}(z-z_0) - \cot\frac{\pi}{l}(z-z'_0) + C'\right].$$

Il suffit de prendre $C = 0$ pour que la vitesse s'annule à l'infini sur toute parallèle à Oy, et l'on retrouve les formules obtenues quand on somme les séries en groupant les termes par paires symétriques. On voit ici la signification hydrodynamique de cette manière d'opérer.

ÉLECTRONIQUE. — *Recherches sur la polarisation d'un faisceau d'électrons par réflexion cristalline*. Note de MM. J. Thibaud, J.-J. Trillat et Th. v. Hirsch, présentée par M. M. de Broglie.

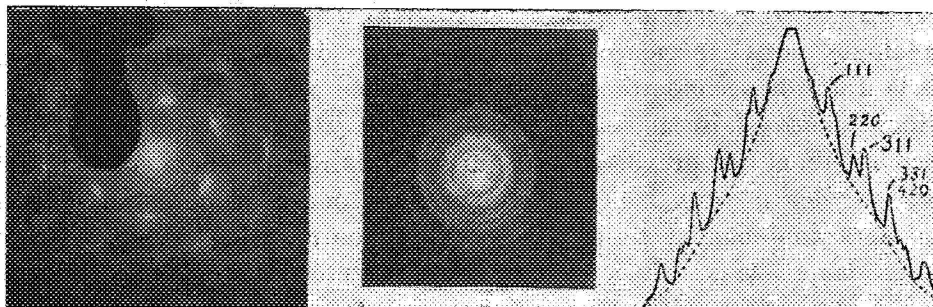
1. Si l'électron libre possède une rotation propre ou spin, qui serait l'analogue de la polarisation des photons lumineux, la théorie de la double diffusion par des noyaux isolés conduit à penser que, lorsqu'un faisceau d'électrons rapides rencontre successivement deux réflecteurs métalliques (analogie avec l'expérience optique des miroirs de Norrenberg), l'intensité de la diffusion secondaire serait dissymétrique par rapport à la direction d'incidence du faisceau secondaire (Mott). Cette théorie est encore bien incomplète, et l'on prévoit mal ce qui se produira par réflexion des ondes, non sur des noyaux isolés, mais sur des couches à potentiel périodiquement inhomogène telles qu'on les rencontre dans les plans réticulaires des cristaux. Plusieurs tentatives ont été faites pour polariser les ondes électroniques avec un résultat soit négatif, soit positif, mais de l'ordre des erreurs expérimentales possibles (Davisson-Germer, Chase, Dymond, Joffé, etc.). E. Rupp, au contraire, tire une conclusion nettement affirmative de ses expériences qui se distinguent des précédentes en particulier par l'emploi, comme analyseur, d'une feuille d'or mince qui donne lieu à des anneaux de diffraction présentant une dissymétrie périphérique, visuellement observable et d'un sens conforme à celui prédit par la théorie de Mott.

2. Nous avons recherché l'état de polarisation d'un faisceau d'électrons, non plus après sa diffusion sur des noyaux isolés, mais après une réflexion régulière sur un *plan réticulaire cristallin* [1] (avantages : meilleure définition des conditions de la diffusion, accroissement de l'intensité du faisceau réfléchi). L'angle d'incidence sur le cristal qui sert de miroir polariseur est alors strictement défini par la relation de Bragg entre la constante réticulaire et la longueur d'onde de de Broglie. Sous les tensions utilisées (35 à 110 kilovolts) l'angle de Bragg est de l'ordre de 55′ à 30′.

Dispositif expérimental : le faisceau primaire est produit soit dans un tube à cathode incandescente alimenté à tension constante, soit dans une ampoule à gaz

[1] G. P. Thomson a fait des expériences préliminaires (*Nature*, 126, 1930, p. 842) dans le même sens, jusqu'à 65 Kv. Les conclusions que nous donnons sont en accord avec les siennes.

immergée dans l'huile, fonctionnant sur bobine. Ce faisceau rencontre d'abord une feuille battue d'or (ou de platine) portée par un diaphragme que l'on déplace jusqu'à obtenir sur l'écran d'observation (sulfure de zinc) les taches de diffraction intenses d'un monocristal d'or. Un second diaphragme, placé 104^{mm} en arrière du premier et également orientable de l'extérieur de l'appareil à vide, est disposé de manière à délimiter seulement les électrons de l'une des taches du premier spectre (la figure de gauche donne l'aspect du réglage sur une tache). On dispose ainsi d'électrons tous réfléchis sur un même plan cristallin (plan 200 de l'or ou 111 du platine). L'analyseur, placé sur l'orifice du second diaphragme, est une feuille d'or (épaisseur, environ $60^{m\mu}$)



préparée par électrolyse, et dont on a vérifié préalablement la structure microcristalline homogène. On se protège contre l'effet des rayons X et des électrons dus à la première lame d'or, en disposant entre l'analyseur et la plaque photographique (distance, 188^{mm}) une sorte de chambre noire en plomb. Les anneaux obtenus après cette seconde diffraction sont extrêmement nets et assez intenses pour que les poses ne dépassent pas 10 minutes. Nos expériences ont porté sur des vitesses électroniques comprises entre $\beta = 0,35$ et $\beta = 0,57$ (tensions de 35 à 110 kilovolts).

3. *Conclusions.* — En premier lieu, les anneaux de double diffraction ne présentent à l'examen visuel aucune dissymétrie d'intensité (voir la figure médiane). Si la réflexion cristalline, sous de petits angles, donne lieu à un effet de polarisation, celui-ci serait *faible*. Nous avons cherché une indication plus précise en photométrant les clichés suivant deux diamètres perpendiculaires, dont l'un comprend le plan de polarisation théorique (figure de droite). On constate ainsi la présence d'un fond d'électrons diffusés, diminuant régulièrement d'intensité à partir du spot central, et sur lequel les anneaux se détachent en pics isolés. *a*. On observe une dissymétrie (diamétrale) du fond de diffusion, de même sens que celle prévue par la théorie de Mott, malheureusement elle ne dépasse guère l'ordre de grandeur de dissymétrie que peut présenter le faible voile général des clichés; *b*. On a comparé les intensités des seuls anneaux (dus aux plans 111, 200, 220, 311, 331-420, 422, etc. de l'analyseur) en divers points de leur

pourtour et pour des tensions différentes, sans trouver de dissymétrie, sauf dans le cas de la plus haute tension (110 Kv) pour laquelle un effet de polarisation pourrait exister mais qui ne se manifesterait que sur les plans 111.

Ainsi l'existence d'une polarisation est douteuse; la faiblesse des effets observés ne doit pas surprendre : nos expériences, à la différence de celles de Rupp, ne sont pas conduites avec des électrons diffusés à 90°, mais, au contraire, réfléchis sous de petits angles sur un plan cristallin défini, cas où la théorie de Mott n'est plus applicable.

Comparativement nous avons opéré, non plus avec des électrons réfléchis initialement sur les plans 111, mais isolés, à l'aide du diaphragme analyseur, sur le fond général de diffusion : les anneaux de seconde diffraction n'ont manifesté aucune polarisation (tension 60 Kv).

MAGNÉTISME. — *L'influence du champ magnétique sur la cristallisation.* Note de M. **Dinca Samuracas**, présentée par M. A. Cotton.

Les recherches expérimentales et théoriques de P. Weiss (¹), Honda (²), et Ishivara (³), celles de C. Foex (⁴), de Dupouy (⁵) et d'autres auteurs, ont montré qu'un champ magnétique peut avoir une influence sur l'orientation moléculaire et sur l'orientation des cristaux eux-mêmes. Les résultats de ces recherches ainsi que les nouvelles théories des électrolytes de Debye (⁶) et Huckel nous ont suggéré l'idée que le champ magnétique pourrait avoir une influence sur la vitesse de cristallisation et même sur la naissance et l'accroissement des cristaux.

Une étude a été faite par nous à ce sujet en employant le champ magnétique produit par un électro-aimant muni de pièces polaires circulaires de 3^{cm} de diamètre. La distance entre les pôles a été de 5^{cm} et le champ d'environ 13000 gauss. Nos expériences ont été faites avec des solutions de sulfate ferreux, sulfate de nickel, chlorure de cobalt, sulfate de cuivre et sulfate de magnésium. Nous avons préparé des solutions concentrées à chaud; on

(1) P. Weiss, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1836.
(2) Hondo et Ishivara, *Sc. rep. Tohoku Imp. Univ.*, 4, 1915, p. 215.
(3) Ishivara, *Sc. rep. Tohoku Imp. Univ.*, 3, 1914, p. 203.
(4) G. Foex, *Ann. de Phys.*, 16, 1921, p. 152.
(5) Dupouy, *Ann. de Phys.*, 15-16, 1931, p. 496.
(6) Debye et Huckel, *Phys. Zeit.*, 24, 1923, p. 185-206.

a ensuite divisé ces solutions en deux parties égales en les mettant dans deux tubes Dewar très bien bouchés et de même capacité. Dans les mêmes conditions de température, nous avons introduit un de ces tubes dans le champ en faisant deux séries d'expériences. Dans la première série nous avons laissé les substances cristalliser d'elles-mêmes, tandis que dans la deuxième série nous avons provoqué la cristallisation en introduisant au même moment dans chaque tube un germe cristallin, les solutions étant déjà refroidies. Nos observations faites pendant la cristallisation peuvent se résumer comme suit :

I. *Cas où la cristallisation se fait d'elle-même.* — 1° Avant que la cristallisation commence, l'observation des courants de concentration permet de distinguer trois zones. Deux zones symétriquement placées touchent les pôles de l'électro-aimant : on y observe une agitation continue du liquide; entre elles une autre zone où le liquide reste immobile.

2° Le commencement de la cristallisation dans le tube placé dans le champ est manifesté par l'apparition d'un germe sur une face de la cuve voisine d'un des pôles de l'électroaimant, tandis que dans le tube extérieur ce germe se forme au fond du récipient.

3° Le premier germe apparaît d'abord dans le tube placé dans le champ, les cristaux s'y accroissent plus vite et la quantité déposée dans un temps donné est plus grande, comme le montre le tableau suivant :

			Masse de cristaux		
Substance.	Concentration. — Pour 100.	Masse dissoute.	formés dans le champ	formés en dehors du champ.	Différence.
Sulfate ferreux.....	175	17,50	4,59 g	3,57 g	1,02
Sulfate de Ni......	145	12,50	7,25	2,30	4,95
Chlorure de Co....	300	15	4,49	3,67	0,82
Sulfate de Cu.....	72	14	3,07	2,65	0,42
Sulfate de Mg.....	72	14	4,02	3,82	0,20

Les nombres donnés dans ce tableau résultent de plusieurs expériences pour chaque substance. La valeur beaucoup plus grande obtenue avec le sulfate de nickel prouve, comme nous le montrerons ultérieurement, que cet accroissement et ce changement de vitesse dépendent aussi de la nature cristalline de la substance.

II. *Cas où l'on provoque la cristallisation.* — 1° On observe tout de suite que dans le tube influencé par le champ, les cristaux poussent et s'agrandissent plus vite. Les résultats obtenus en pesant les cristaux au bout de

quelque temps rapportés dans le deuxième tableau diffèrent très peu de ceux exposés dans le premier cas, et montrent qu'ici encore la quantité déposée dans le champ est plus grande.

Nature de la substance.	Quantité de cristaux déposés dans le tube placé dans le champ.	Quantité de cristaux déposés dans le tube extérieur.	Différence entre les deux quantités.
			g
Sulfate ferreux.......	5,12	4,01	1,11
Sulfate de Ni........	7,05	2,35	4,70
Chlorure de Co......	5,1	4,35	0,75
Sulfate de Cu........	3,98	3,52	0,46
Sulfate de Mg........	3,42	3,38	0,04

2° Pendant leur formation les cristaux s'entassent très serrés autour du pôle dans les zones où l'on constatait avant et pendant la cristallisation, une agitation due aux courants de concentration. Dans la zone immobile il ne se dépose aucun cristal. Ce phénomène s'observe très nettement avec les solutions ferromagnétiques, et moins nettement dans les solutions paramagnétiques; dans ce dernier cas, on trouve des cristaux déposés même dans la zone neutre.

3° Le champ magnétique change la direction des courants dans le liquide dus aux changements de concentrations. De cette étude, nous pouvons conclure que le champ magnétique peut influencer la cristallisation des substances.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Influence des substitutions sur la rotation et la biréfringence magnétique des dérivés du naphtalène; comparaison des dispersions de rotation et de biréfringence magnétique.* Note (¹) de M. **Constantin Salceanu**, transmise par M. A. Cotton.

Nous avons comparé les corps résultant de la substitution de différents radicaux dans le noyau naphtalénique, pour examiner l'influence de ces radicaux sur la rotation et la biréfringence magnétique de la molécule.

Le tableau suivant résume les résultats de nos mesures : ρ est le rapport de la rotation magnétique d'une substance mesurée à la température de 150°, à la rotation magnétique de l'eau à 20°; ρ_s est le quotient de ce

(¹) Séance du 29 mars 1932.

nombre par la densité à la même température; b est le rapport de la biréfringence magnétique de la substance, à une température voisine de 20° (valeur obtenue par extrapolation), à la biréfringence magnétique du nitrobenzène à 20°, dans la même cuve et avec le même champ magnétique; enfin b_s est le quotient de ce nombre par la densité.

	ρ.	ρ_s.	b.	b_s.
Naphtalène	3,22	3,48	1,06	0,98
α-méthylnaphtalène	3,08	3,38	0,76	0,74
β-méthylnaphtalène	2,96	3,17	1,16	1,02
α-bromonaphtalène	3,48	2,68	0,98	0,66
α-chloronaphtalène	3,19	3,00	1,08	0,90
α-nitronaphtalène	2,47	2,16	2,21	1,66
α-naphtonitrile	2,91	2,87	1,94	1,70
β-naphtonitrile	3,03	2,98	2,48	2,25
Dinitronaphtalène 1.8	2,18	1,68	–	–
α-naphtylamine	4,54	4,42	–	–
β-naphtol	3,48	3,41	0,84	0,69

MM. A. Cotton et H. Mouton ([1]), à la suite de leurs mesures des biréfringences magnétiques spécifiques des dérivés monosubstitués du benzène, ont réparti en deux classes les groupements introduits dans le noyau : groupements additifs tels que NO^2, CN, CH^3, etc., dont l'introduction augmente la biréfringence spécifique du noyau et groupements négatifs tels que NH_2, Cl, Br, etc., qui font décroître cette biréfringence.

Perkin ([2]), en mesurant les rotations magnétiques des substances organiques, avait divisé aussi divers radicaux, d'après leurs influences sur les rotations magnétiques des substances aromatiques, en deux classes : ceux qui font croître l'anomalie du noyau et ceux qui le font décroître.

Le tableau ci-dessus montre que les influences des radicaux sur le noyau naphtalénique se manifestent pour les deux phénomènes conformément aux classifications de Cotton-Mouton et de Perkin. Il existe cependant une exception. Le radical CH^3, introduit dans le naphtalène, peut jouer des rôles opposés au point de vue de la biréfringence magnétique. Il est additif lorsqu'on l'introduit dans la position β et soustractif dans le cas du composé α. Cela prouve que la contribution de ce radical à la biréfringence magnétique du noyau naphtalénique ne s'exerce pas seulement par la charge

([1]) Cotton et Mouton, *Ann. de Chim. et Phys.*, 19, 1910, p. 153; 20, 1910, p. 194.
([2]) Perkin, *Trans. Chem. Soc.*, 69, 1896, p. 1025; 91, 1907, p. 810.

électrique spécifique relative à ce radical, mais aussi par la position qu'il occupe dans la molécule, ce qui a pour effet la modification de son moment d'inertie.

Le tableau nous montre en outre l'effet antagoniste des radicaux NO^2, CN et CH^3 (position β) sur les deux phénomènes dans le cas du noyau naphtalénique.

Comparaison des rapports de dispersion pour les deux phénomènes. — Le tableau suivant permet de comparer les dispersions de la rotation magnétique et de la biréfringence magnétique pour trois corps aromatiques choisis respectivement avec noyau benzénique, naphtalénique et phénanthrénique : le nitrobenzène, le β-méthylnaphtalène et le phénanthrène. (Nos mesures ont été faites avec les trois raies jaune, verte et indigo du mercure.)

	Dispersion rotatoire magnétique.		Dispersion de biréfringence magnétique.	
	$\frac{\alpha_v}{\alpha_j}$.	$\frac{\alpha_i}{\alpha_j}$.	$\frac{\beta_v}{\beta_j}$.	$\frac{\beta_i}{\beta_j}$.
Nitrobenzène	1,13	1,78	1,08	1,47
β-méthylnaphtalène	1,15	2,16	1,07	1,44
Phénanthrène	1,16	2,29	$1,07_5$	1,48

Ce tableau montre que le rapport α_i/α_j varie beaucoup d'un corps à l'autre tandis qu'au contraire le rapport correspondant β_i/β_j des biréfringences magnétiques reste à peu près constant. Il sera intéressant de poursuivre ces mesures, qui sont encore très peu nombreuses et qui font même tout à fait défaut au voisinage des bandes d'absorption, pour mettre hors de doute et pour interpréter la différence que nous signalons ici entre ces deux dispersions.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la nature du rayonnement pénétrant excité dans les noyaux légers par les particules α.* Note de Mme **Irène Curie** et M. **F. Joliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons déjà signalé les difficultés que soulève l'interprétation du phénomène de projection de noyaux atomiques si l'on suppose que le rayonnement émis par Be ou B irradiés par les rayons α est de nature électromagnétique. Une grande part des faits découverts dans ce nouveau domaine de recherches s'interprètent d'une façon satisfaisante si l'on suppose, comme l'ont fait J. Chadwick et plus récemment Webster, que

le rayonnement émis par les noyaux de Be est composé de neutrons, particules de masse 1 et de charge o. L'existence de neutrons avait déjà été envisagée dans des cas différents par plusieurs savants (Bragg, Rutherford, Meitner, Rosenblum, Fournier, Pauli). Cette hypothèse, émise à la suite de considérations générales, n'avait aucun fondement expérimental précis. Il est certain que c'est le phénomène de projection des noyaux qui donne le premier appui solide à cette hypothèse. Cette émission de neutrons ne doit pas être particulière à Be puisque nous avons montré que le rayonnement de Po + B, comme celui de Po + Be, est capable de projeter des protons rapides. Nous supposerons que la particule α est captée par B_{11} suivant $B_{11} + \alpha = N_{14} +$ neutron $\uparrow$; l'énergie maxima des neutrons, calculée d'après cette réaction, est en accord avec l'énergie des protons projetés que nous observons.

Cependant l'hypothèse très séduisante des neutrons devait être conciliée avec l'existence des électrons secondaires rapides que nous avons observés par la méthode Wilson. Les énergies de ces électrons sont en général comprises entre 1 et 4.10^6 eV. Plusieurs trajectoires ayant le même aspect que les trajectoires électroniques présentent une courbure en sens inverse des autres : ce sont très probablement des électrons émis en sens inverse du faisceau incident et leur énergie est parfois très élevée, 2.10^6 eV. Ces rayons ne peuvent être des électrons de choc des photons primaires. Rarement on observe des électrons de plus grande énergie. (Deux trajectoires apparemment non courbées par un champ de 1500 gauss sur 200 rayons courbés.) D'autre part P. Auger, en employant un champ de 6000 gauss, a observé un électron de $6,5.10^6$ eV. En admettant les lois du choc élastique, un neutron de vitesse 3.10^9 cm/sec (Po + Be) ne peut communiquer à un électron qu'une énergie au plus égale à 10 000 eV ce qui est tout à fait différent de ce qui est observé. Les résultats de nos dernières expériences lèvent en grande partie cette difficulté et fournissent un nouvel appui à l'hypothèse du neutron.

Ces expériences consistent en premier lieu à étudier l'absorption du rayonnement de Po + Be dans le plomb, la chambre d'ionisation étant remplie successivement d'argon, d'azote, d'hélium. En second lieu, on étudie la dissymétrie de l'émission du rayonnement, la chambre contenant les gaz précédents, en fonction des épaisseurs de plomb interposé entre la source et la chambre.

On obtient trois courbes d'absorption ayant des formes analogues, mais les intensités relatives des parties pénétrantes et absorbables dépendent

beaucoup du gaz remplissant la chambre. Elles mettent en évidence l'existence de deux rayonnements au moins, de pénétrations différentes. *Les rapports des courants d'ionisations dus à la partie absorbable dans ces gaz sont voisins des rapports des nombres d'électrons contenus dans la chambre.*

Le rayonnement absorbable, dont l'effet devient petit après $2^{cm},5$ de plomb, se comporte donc comme un rayonnement γ s'absorbant par effet Compton sur les électrons.

L'examen du début de la courbe semble indiquer en outre une légère production de rayons secondaires dans l'absorbant, ce qui expliquerait les électrons projetés vers l'arrière observés à l'appareil Wilson.

Pour la partie pénétrante, le résultat est différent : *le rapport des courants d'ionisation est voisin du rapport des nombres de noyaux contenus dans la chambre.* C'est à ce rayonnement, dont le pouvoir pénétrant est extrêmement grand (1^{cm} de Pb absorbe environ 6 pour 100), qu'on doit attribuer la projection des noyaux. L'ionisation produite par noyau projeté étant plus faible pour les noyaux lourds, on doit conclure que la probabilité de projection d'un noyau augmente avec sa masse.

J. Chadwick et Webster ont montré que le rayonnement émis par Po + Be présentait des propriétés différentes lorsqu'on l'étudie dans le sens des rayons α irradiant le Be ou en sens contraire. Nos expériences faites sur un principe différent, confirment ces faits et montrent de plus que c'est seulement la partie pénétrante qui est émise d'une façon dissymétrique. Le rapport des courants d'ionisation mesurés vers l'avant et vers l'arrière augmente de 1,13 à 1,40 pour des épaisseurs de plomb variant de 0^{cm} à 3^{cm}, quand la chambre est remplie d'argon. Dans l'hélium, où l'ionisation est principalement due à la projection des noyaux He, le rapport est plus grand et augmente de 1,40 à 1,80.

Les électrons rapides observés dans la chambre à détente peuvent maintenant être considérés comme des électrons de choc du rayonnement γ nucléaire émis par les noyaux de Be. On a d'ailleurs vérifié que le nombre d'électrons observés dans la chambre diminue, lorsqu'on interpose des épaisseurs croissantes de plomb, d'une façon qui s'accorde avec la courbe d'absorption obtenue par la méthode d'ionisation. Les électrons très rares de très grande énergie peuvent correspondre à des photons de grand quantum émis par la réaction peu fréquente $Be_9 + \alpha = C_{13} + h\nu$.

Dans une autre expérience nous avons étudié la relation entre l'énergie des protons projetés et l'énergie des rayons α irradiant le Be.

Lorsqu'on ralentit les rayons α, les protons projetés ont des parcours

plus petits. La diminution d'énergie des protons est à peu près égale à celle des particules α. Ceci s'interprète très bien si l'on suppose que le proton est projeté par un neutron. Cette expérience a en outre pour conséquence que les neutrons doivent être émis suivant un spectre continu limité du côté des grandes vitesses, car les rayons avant d'être captés par les noyaux de Be peuvent être ralentis dans le Be même.

Par contre, il nous a paru que le parcours des rayons H projetés par les neutrons émis vers l'arrière, par rapport à la direction des particules α, est plus grand que celui qu'on peut prévoir par le calcul.

En définitive nos expériences montrent que les noyaux de Be irradiés par les rayons α du polonium émettent un rayonnement complexe dans lequel nous distinguons :

1° Un rayonnement γ s'absorbant par effet Compton sur les électrons et émis a peu près également dans toutes les directions et dont l'énergie peut atteindre 4.10^6 eV, ce qui est en accord avec l'évaluation approximative de quelques millions de volts donnée par Rasetti;

2° Un rayonnement très pénétrant s'absorbant par projection de noyaux et émis dissymétriquement par rapport à la direction des particules α incidentes.

C'est cette partie du rayonnement qui serait composée de neutrons formant un spectre continu limité du côté des grandes énergies à $4,6.10^6$ eV environ, 2.6×10^6 eV dans le cas du bore.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la structure fine du spectre magnétique des rayons α du radioactinium.* Note de Mme **P. Curie** et M. **S. Rosenblum.**

La complexité du rayonnement α du radioactinium avait été annoncée en 1914 par St. Meyer, Hess et Paneth (1), mais ces résultats ont été contestés. Dans un travail récent, Irène Curie a établi que ce rayonnement se compose de deux groupes d'importance comparable dont les parcours dans l'air à 15° sous pression normale sont $4^{cm},66$ et $4^{cm},34$. La méthode employée était celle de la chambre à détente Wilson.

Nous avons repris ces expériences à l'aide du grand électro-aimant de l'Académie des Sciences, en utilisant le dispositif précédemment décrit par l'un de nous (2).

(1) St. Meyer, Hess et Paneth, *Wien. Ber.*, 123, 1914, 1459.
(2) S. Rosenblum, *Journal de Physique et le Radium*, 7e série, 1, 1930, p. 438-444.

Les deux préparations de RAc utilisées pour ce travail ont été faites par la méthode décrite par Irène Curie, avec l'emploi de matières actives (La + Ac) plus concentrées. Quand le radioactinium vient d'être déposé par centrifugation sur la lamelle support, il est exempt d'AcX et des dérivés de celui-ci, qui se reforment ensuite progressivement [1]. Dès leur apparition, commence un dégagement d'actinon qui produit un voile sur la plaque, bien qu'un vide aussi parfait que possible soit entretenu dans l'appareil. Cet inconvénient n'a pu être entièrement éliminé par le chauffage au rouge de la préparation.

Chacune des deux préparations portait une quantité de RAc pouvant produire par les rayons α émis, un courant de saturation d'environ 2000 unités ES; la densité de la matière activée correspondait par millimètre carré à 100 ES environ. Sur un cliché obtenu 18 heures après la préparation, les raies du dépôt actif de l'actinon sont déjà nettement visibles. Un autre cliché (peu voilé) a été pris 4 heures après la séparation de RAc, le nombre d'atomes transformés pour AcX et ses dérivés étant alors 1 pour 100 de celui de RAc. On y voit 5 raies attribuées au radioactinium et l'on devine à peine celles des dérivés. Le dernier cliché (fortement voilé) a été pris 7 jours plus tard, la proportion des nombres d'atomes transformés étant alors de 38 pour 100. Sur ce cliché, on voit, en plus des 5 raies de RAc, les raies appartenant à AcC, ainsi que celles de An et de AcA. L'observation de raies faibles est gênée par le voile et par le prolongement des raies en bandes étalées dans le sens des vitesses décroissantes, effet attribuable au ralentissement des rayons α dans la matière constituant la source. Les raies qui forment la tête de ces bandes peuvent cependant être mesurées avec précision.

Les raies de RAc forment deux doublets distants d'environ 6^{mm}, avec une cinquième raie faible comprise avec ces doublets. Chacun des doublets correspond à l'un des groupes observés par Irène Curie, la méthode qu'elle employait ne permettant pas de voir le dédoublement de chaque groupe.

Les vitesses de ces groupes ont été mesurées par comparaison avec celles de deux groupes de vitesses précédemment déterminées (raie α ThC et raie α_1 AcC). Voici les valeurs préliminaires des vitesses et des énergies correspondantes, les raies étant numérotées dans l'ordre des vitesses décroissantes :

---

[1] Irène Curie, *Comptes rendus*, 192, 1931, 1102; *Journ. Phys. et Rad.*, 3, 1932, p. 57.

TABLEAU 1.

Raies.	Intensités.	Vitesses 10^{-9} cm/sec.	Énergies 10^{-6} eKV.	Raies.	Intensités.	Vitesses 10^{-9} cm/sec.	Énergies 10^{-6} eKV.
					RAc.		
AcA....		1,883	7,371	α_3...	très forte	1,695	5,971
An.....		1,810	6,811	?....	faible	(1,683)	(5,888)
AcCα...		1,783	6,611	α_4...	faible	1,676	5,839
? ...	faible	1,772	6,525	?....	très faible	(1,672)	(5,807)
? ...	faible	1,754	6,397	α_5...	forte	1,662	5,741
AcCα_1...		1,734	6,253	α_6...	très forte	1,656	5,701
	RAc.				AcX.		
α_1......	forte	1,703	6,030	α_1...	forte	1,640	5,589
α_2......	faible	1,700	6,004	α_2...	faible	1,631	5,524

Dans le cliché obtenu 7 jours après la préparation de RAc, on aperçoit, dans la bande qui prolonge les raies du doublet de moindre vitesse, deux raies qu'on doit attribuer à AcX, d'après leur position et du fait qu'elles ne sont pas visibles sur le premier cliché obtenu avec une source ne contenant encore que très peu de AcX.

Les différences d'énergie entre les groupes de rayon α de RAc, offrent plusieurs concordances avec les énergies des groupes de rayons γ de RAc, déterminées par O. Hahn et L. Meitner ([1])

Nous en donnons l'aperçu suivant :

Raies.	Différences énergétiques corrigées de l'effet du recul en eKV.	Énergies de rayons γ en KV.	Raies.	Différences énergétiques corrigées de l'effet du recul en eKV.	Énergies de rayons γ en KV.
1-3.......	60,0	61,4	2-6.......	309	300
1-4.......	195	191	3-6.......	275	282
1-5.......	295	300	4-5.......	100	101
2-3.......	33,6	31,5	5-6.......	41	43,7

Ces résultats montrent qu'il existe une concordance certaine entre les groupes de rayons α et de rayons γ émis dans la transformation du radio-

---

([1]) O. HAHN et L. MEITNER, *Z. S. f. Phys.*, 34, 1925, p. 795; L. MEITNER, *Z. S. f. Phys.*, 34, 1925, p. 807.

actinium (¹); cependant, on n'a pas encore retrouvé tous les groupes de rayons γ signalés par L. Meitner; d'autre part, quelques différences énergétiques restent inexpliquées; il est à remarquer que certaines lacunes pourraient être comblées, si l'on tenait compte des raies douteuses. Les conditions expérimentales moins favorables ici que dans le cas du ThC expliquent que l'on n'a pas atteint un accord aussi satisfaisant (²).

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le ralentissement des rayons α du* ThC′ *dans l'air.* Note (³) de M. **G. Mano**, présentée par M. Jean Perrin.

Le ralentissement des rayons α dans les gaz a été généralement étudié par des méthodes indirectes, dont la plus employée a été celle des écrans équivalents (⁴).

Le principe de la méthode directe employée ici est le suivant : les rayons α émis par une source radioactive linéaire accomplissent, dans une région de champ magnétique nul, un trajet déterminé dans un gaz à pression et température connues. Ils subissent de ce fait un ralentissement et leur vitesse est v à la fin de ce trajet. Après avoir traversé un écran très mince (3μ) d'acétate de cellulose, où ils subissent un léger ralentissement supplémentaire Δv, les rayons pénètrent, par une fente très fine, dans une chambre parfaitement vidée. Ils y sont déviés par un champ magnétique et leur déviation d est enregistrée par une plaque photographique.

La relation reliant v à d, qui est établie par un étalonnage expérimental préalable, peut être retrouvée par le calcul. Il en est de même pour la correction Δv.

Les détails du dispositif expérimental, ainsi que les calculs qui s'y rattachent seront donnés ultérieurement dans une publication d'ensemble.

(¹) Dans *Nature* du 26 mars 1932, Lord E. Rutherford signale une structure fine des rayons α de l'actinon, lesquels formeraient deux groupes différant entre eux, d'après Lewis et Wynn-Williams, de 340 eKV. Si l'on attribue les deux raies faibles entre AcCα et AcCα_1 à l'actinon on trouve entre ces raies et la raie principale de l'actinon les différences énergétiques 292 et 422 eKV ; la moyenne 357 est en assez bon accord avec la valeur de 340 eKV trouvée à Cambridge.

(²) S. Rosenblum et M. Valadares, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 967.

(³) Séance du 14 mars 1932.

(⁴) Voir, par exemple, E. Marsden et T. S. Taylor, *Proc. Roy. Soc.*, A, 88, 1913, p. 443; G. H. Briggs, *Proc. Roy. Soc.*, A, 114, 1927, p. 341.

Cette méthode a été appliquée en premier lieu à l'étude du ralentissement des rayons α du ThC' dans l'air. La courbe de ralentissement en fonction du trajet p accompli dans l'air, a été construite depuis la vitesse initiale v_0 de ces rayons, jusqu'à la vitesse restante 0,56 v_0 des rayons ayant traversé 7^{cm} d'air à 15° et 760^{mm} Hg. Cette courbe (*fig.* 1) est tracée ci-dessous.

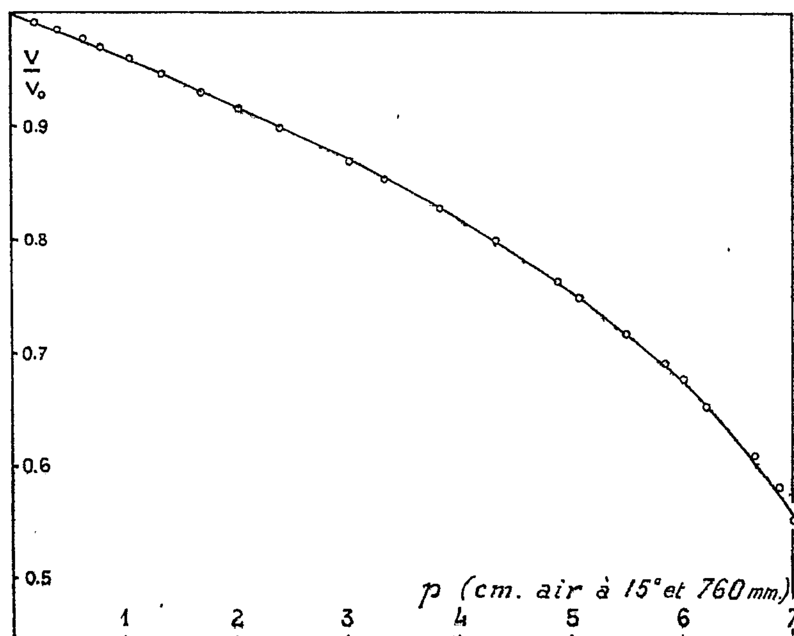


Fig. 1.

L'écart à partir de la loi de Geiger est représenté par l'expression

$$\varepsilon = \frac{v}{v_0} - \left(1 - \frac{p}{\Pi}\right)^{\frac{4}{3}}$$

où $\Pi = 8^{cm},54$ est le parcours moyen total des rayons α du Th C'. La courbe 2 figure cet écart en fonction du parcours moyen restant $\Pi - p$ [1]. On peut extrapoler cette courbe vers les grandes vitesses et obtenir l'écart par rapport à la loi de Geiger pour les rayons α dits *de longs parcours*. Les parcours moyens des deux groupes

[1] Cf. G.-B. Briggs (*loc. cit.*) et Lord Rutherford, F. A. B. Ward et W. B. Lewis, *Proc. Roy. Soc.*, A, 131, 1931, p. 684.

de longs parcours du ThC sont, d'après les dernières déterminations (¹) : $\Pi_1 = 9^{cm},68$ et $\Pi_2 = 11^{cm},55$. Leurs vitesses seraient $v_1/v_0 = 1,043$ et

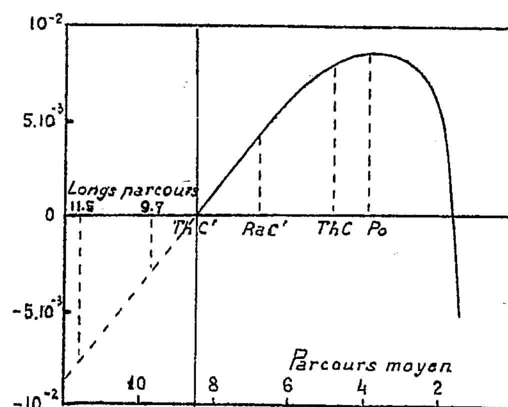


Fig. 2.

$v_2/v_0 = 1,106$ si la loi de Geiger était exacte. Corrigées suivant la courbe tracée plus haut, ces vitesses deviennent

$$\frac{v_1}{v_0} = 1,040, \qquad \frac{v_2}{v_0} = 1,098,$$

ce qui est en bon accord avec les derniers résultats obtenus par Rosenblum au moyen du grand électro-aimant de l'Académie des Sciences (²).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Durcissement structural à chaud des alliages fer-nickel-tungstène.* Note de MM. **A. Portevin**, **E. Prétet** et **H. Jolivet**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le phénomène général du durcissement structural des alliages par précipitation, à un degré de finesse convenable, d'un constituant à partir d'une solution solide sursaturée par trempe, a été jusqu'à présent mis principalement à profit pour améliorer certaines propriétés mécaniques *à froid* : c'est ainsi que, pour les alliages de fer, on a réalisé le durcissement des ferrites et austénites par précipitation des carbures, nitrures, phosphures, etc.

(¹) Lord Rutherford, C. E. Wynn Williams et W. B. Lewis, *Proc. Roy. Soc.*, A, 133, 1931, p. 351.

(²) S. Rosenblum et M. Valadares, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 967.

ou de solutions solides riches en ces composés. Mais une autre application, non moins intéressante, de ces phénomènes est *l'accroissement de résistance à une température d'utilisation donnée* lorsqu'on choisit l'alliage de manière que la zone thermique de précipitation fine soit précisément celle des températures d'emploi.

C'est à ce résultat que nous a conduit par l'étude des alliages fer-nickel-tungstène, résultat obtenu même en l'absence de carbone, ce qui écarte le cas connu de durcissement par précipitation de cémentites complexes.

Lorsque la teneur en tungstène dépasse une certaine valeur, fonction de la température et des teneurs en nickel (et éventuellement en autres éléments C, Si,...), il apparaît, dans la solution solide γ ou austénite, des constituants qui, d'après leurs caractères, s'apparentent aux composés définis observés, dans le système fer-tungstène, par divers auteurs (Sykes, Osawa, Arnfeld, Takeda), et que nous désignerons par X. De plus, les conditions thermiques de fusion et de solidification influent sur la constitution de ces alliages en faisant apparaître parfois, en outre, un eutectoïde hors d'équilibre qui disparaît, d'une manière irréversible par chauffage à température suffisante, avec diminution de dureté. Ce phénomène parasite se superpose alors dans les alliages bruts de coulée au durcissement structural que nous allons envisager.

L'étude de la solubilité des constituants X dans l'austénite a été faite au moyen des analyses dilatométriques et micrographiques après trempe à différentes températures. La figure 1 donne par exemple l'allure de ces courbes en fonction de la teneur en tungstène pour une teneur en nickel de 33 pour 100.

La précipitation, déjà sensible à 650°, devient rapide à partir d'une température comprise entre 850° et 950° suivant la composition de l'alliage, ce qui permet *un durcissement à une température élevée*. Au delà de ces températures, la coalescence et l'augmentation de la solubilité du précipité ramènent graduellement la dureté de l'alliage à celle de la solution solide.

La vitesse de précipitation, appréciée par la dureté à froid, varie comme l'indique la figure 2. Ces courbes, qui ont l'allure générale connue ([1]), peuvent présenter, pour certaines d'entre elles, une anomalie avec baisse de dureté en relation avec la disparition des eutectoïdes parasites hors d'équilibre signalée plus haut.

Les déterminations de la résistance à chaud, dont l'augmentation a été

([1]) Voir A. PORTEVIN, *Metal Progress*, 20, 1931, p. 86.

appréciée pour ces alliages, par évaluation de la limite de proportionnalité à la compression [1], montrent une analogie satisfaisante avec les résultats précédents. C'est ainsi, à titre d'exemple, que, dans la zone de précipitation fine, l'essai à l'écrasement effectué à 800° pour deux alliages,

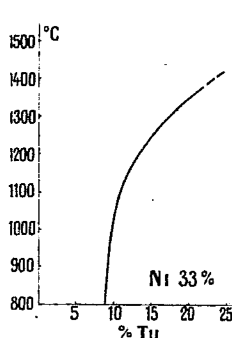


Fig. 1.

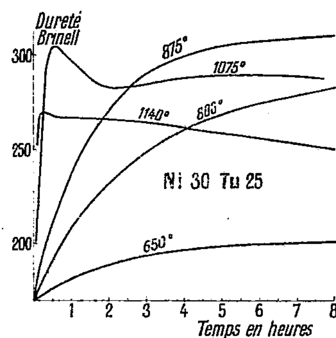


Fig. 2.

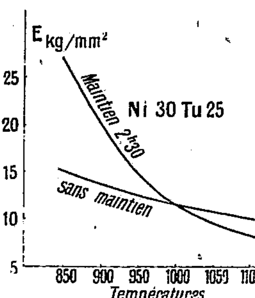


Fig. 3.

A(Ni=30; Tu=25) et B(Ni=30; Tu=30), a fourni les résultats suivants en kg/mm² :

	A.	B.
Brut de coulée	15,4 kg/mm²	26,7
Après 24 heures à 850°	33,5 »	37

la figure 3 indique d'ailleurs l'allure des caractéristiques en fonction de la température pour le premier de ces alliages. On observe que, pour des températures élevées, le maintien à température amène une diminution de résistance par coalescence de plus en plus importante et de plus en plus rapide.

Comme nous l'avons déjà annoncé (A. PORTEVIN, *XIe Congrès de Chimie industrielle*, Paris, septembre 1931), ces phénomènes interviennent donc d'une manière prépondérante dans la résistance à chaud de ces alliages et en conditionnent la conduite du forgeage; d'où d'intéressantes possibilités d'applications industrielles.

Des phénomènes analogues s'observent lorsqu'on substitue le molybdène au tungstène et l'on peut en outre modifier la vitesse de précipitation et la facilité de coalescence par addition d'un autre élément tel, par exemple, que le silicium ou le chrome.

---

[1] Suivant la technique et l'interprétation déjà indiquées : A. PORTEVIN et F. LE CHATELIER, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 248.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude cryoscopique de l'éther et de l'acétone dans l'eau et dans les solutions de chlorure de sodium.* Note [1] de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Cette étude a été entreprise dans le but de compléter celle qui a été faite avec le paraldéhyde [2]. La cryoscopie de l'éther dans l'eau avait été effectuée par Loomis [3] et Arrhenius [4], celle de l'acétone dans le même solvant par Loomis [3], Abegg [5] et Beckmann [6]. Nous avons observé dans l'eau

Poids d'éther pour 100 gr. d'eau.	Δc.	k.	Poids d'acétone pour 100 gr. d'eau.	Δc.	k.
1,892	0°,437	17,09	1,474	0°,462	18,17
2,870	0,656	16,97	2,999	0,952	18,41
3,870	0,901	17,23	4,576	1,443	18,29
4,894	1,114	17,30	6,209	1,947	18,19
5,942	1,376	17,10	7,901	2,471	18,14
7,015	1,651	17,41	—	—	—
8,114	1,920	17,51	—	—	—
9,240	2,192	17,55	—	—	—
10,393	2,469	17,58	—	—	—
	Moy.	17,42		Moy.	18,24

Dans les solutions de ClNa 0,5 M nous avons obtenu

Concentration.	Éther. Δc.	Éther. k.	Acétone. Δc.	Acétone. k.
0,250	0°,564	21,83	0°,515	20,05
0,375	0,849	21,67	0,788	20,28
0,500	1,156	21,87	1,060	20,29
0,625	1,456	21,79	1,329	20,18
0,750	1,760	21,69	1,610	20,20
0,875	2,091	21,83	1,895	20,20
1,000	2,423	21,87	2,185	20,20
1,125	2,742	21,74	2,492	20,29
1,250	—	—	2,781	20,20
	Moy.	21,79	Moy.	20,21

(1) Séance du 29 mars 1932.
(2) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 585; **191**, 1930, p. 1062; **192**, 1931, p. 557 et 1724.
(3) Loomis, *Z. Phys. Chem.*, 32, 1900, p. 578-606.
(4) Arrhenius, *Z. Phys. Chem.*, 2, 1888, p. 491-505.
(5) Abegg, *Z. Phys. Chem.*, 15, 1894, p. 207-261.
(6) Beckmann, *Z. Phys. Chem.*, 2, 1888, p. 715-743.

Les solutions de ClNa 1,225 M ont donné

Concentration.	Éther. $\Delta c.$	Éther. $k.$	Acétone. $\Delta c.$	Acétone. $k.$
0,250	0°,723	27,57	0°,598	22,93
0,375	1,904	27,75	0,907	22,99
0,500	1,494	27,84	1,211	22,83
0,625	1,888	27,82	1,542	23,05
0,750	2,290	27,80	1,848	22,83
0,875	2,709	27,85	2,176	22,84
1,000	–	–	2,509	22,84
1,125	–	–	2,838	22,77
1,250	–	–	3,198	22,88
	Moy.	27,77	Moy.	22,88

L'étude cryoscopique de l'éther et du paraldéhyde dans les solutions de ClNa 1 M, a donné les résultats suivants :

Concentration.	Éther. $\Delta C.$	Éther. $k.$	Paraldéhyde. $\Delta C.$	Paraldéhyde. $k.$
0,250	0,694	26,58	0,768	29,16
0,375	1,057	26,69	1,166	29,04
0,500	1,415	26,49	1,563	28,74
0,625	1,786	26,45	1,970	28,51
0,750	2,164	26,39		
0,875	2,568	26,53		
	moy.....	26,52		

Des résultats qui précèdent se dégagent les conclusions suivantes :

1° L'eau, et aussi les solutions de chlorure de sodium 0,5 M et 1,225 M, possèdent une constante cryoscopique bien déterminée au regard de l'éther et de l'acétone, ainsi que les solutions de chlorure de sodium 1 M vis-à-vis de l'éther. Le paraldéhyde accuse une légère dépolymérisation en solution étendue dans les solutions de chlorure de sodium 1 M, moins marquée toutefois que dans les solutions de ClNa 1,225 M.

2° Ces constantes cryoscopiques se classent comme suit :

	Eau.	ClNa 0,5 M.	ClNa 1 M.	ClNa 1,225 M.
Éther	17,42	21,79	26,52	27,77
Acétone	18,24	20,21	»	22,88

Mais, alors que la constante cryoscopique 17,42 de l'éther dans l'eau est

notablement plus petite que celle de l'acétone 18,24 dans le même solvant, qui est presque normal, les rôles sont renversés dans les solutions de chlorure de sodium où l'on voit les constantes cryoscopiques relatives à l'éther dépasser celles de l'acétone. D'ailleurs, si l'on multiplie la constante cryoscopique 21,79 de l'éther dans les solutions de ClNa 0,5 M par le rapport 18,53/17,42 des constantes cryoscopiques du paraldéhyde et de l'éther dans l'eau, on obtient 23,18, valeur pratiquement égale à la constante cryoscopique 23,30 du paraldéhyde dans les solutions de ClNa 0,5 M.

On voit que pour avoir une valeur convenable des constantes cryoscopiques caractéristiques des solutions de chlorure de sodium, il faudrait disposer d'un grand nombre de corps solubles dans de tels milieux, et inertes vis-à-vis du chlorure de sodium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cinétique chimique dans des récipients entourés par une grande épaisseur de mercure.* Note [1] de M. **Marcel Boll**, présentée par M. G. Urbain.

1. Nous avons étudié en détail [2] la cinétique photochimique des solutions dix-millimoléculaires d'acide tétrachloroplatinique $PtCl^4(OH)^2H^2$, en nous servant d'une méthode électrométrique, qui permet de mesurer les conductivités avec une très grande précision et, par suite, de déceler des masses réagissantes de l'ordre du dix-millionième de milligramme.

Plus tard [3], nous nous sommes occupé de l'évolution de ces mêmes solutions dans l'obscurité complète : la réaction *bimoléculaire* est, à 12°,5, effectuée de moitié en 26 jours, ce qui correspond à une constante de vitesse

$$K_2 = 0,0130 \text{ C. G. S.}$$

L'hydrolyse dans l'obscurité est donc très lente; on provoque facilement des vitesses 1000 ou 10000 fois plus grandes [4], en dirigeant vers la solution un rayonnement de longueur d'onde 2536 U. Å. et d'une puissance égale à quelques ergs par seconde. La vitesse de réaction est d'ailleurs d'un

(1) Séance du 29 mars 1932.

(2) *Thèse*, Paris, 1914.

(3) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 1108.

(4) Ces vitesses dépendent naturellement, ainsi que nous l'avons précisé, de la surface irradiée et de l'épaisseur traversée.

ordre de grandeur analogue, ainsi que nous l'avons constaté, lorsque l'on soumet la solution à un faisceau complexe de rayons X.

2. Quelques mois après, nous avons eu l'idée de réduire encore cette *vitesse résiduelle* de la réaction en opérant à l'abri de tout rayonnement. Nous avons tout d'abord songé à entourer le vase-laboratoire par des briques de plomb, mais les résultats étaient peu concordants, vraisemblablement par suite de la radioactivité du métal.

Au contraire, nous avons obtenu des nombres cohérents en plaçant la solution dans un tube épais de 2^{cm} de diamètre et en enfonçant verticalement le tube dans une conserve de 20^{cm} de diamètre intérieur et remplie de mercure.

En effectuant des mesures différentielles, la solution entourée de mercure nous a donné une constante de vitesse

$$K'_2 = 0,002 \text{ C.G.S.},$$

qui était plus de six fois plus faible que celle de la solution simplement laissée dans l'obscurité.

Les deux solutions se trouvaient dans une cave où la température restait constante pendant plusieurs jours à une fraction de degré près.

3. Avec le polarimètre nous avons pu mesurer, dans des conditions analogues, la vitesse d'inversion du saccharose, mais nous n'avons constaté *aucune différence* entre l'évolution des deux solutions, dont l'une était entourée de 10^{cm} de mercure, ce qui montre que *l'effet protecteur ne se fait pas sentir sur toutes les réactions chimiques*.

4. Au moment où nous poursuivions ces recherches, un tel ralentissement de l'hydrolyse de l'acide tétrachloroplatinique nous avait paru inexplicable et ne pouvait guère passer que pour une simple curiosité; mais, depuis cette époque, R. A. Millikan (1926) découvrit les rayons cosmiques, qui furent le point de départ de nombreux travaux [1]. A la condition de tenir compte du cylindre vertical, que le tube creuse dans le mercure — ou, mieux, en s'arrangeant pour supprimer ce cylindre —, il semble bien que la mesure à l'électromètre à quadrants de l'évolution des solutions diluées d'acide tétrachloroplatinique puisse servir de base à un procédé d'étude des rayons cosmiques.

---

[1] Voir par exemple KARL K. DARROW, *Cosmic rays* (brochure XXIII publiée par *Bell Telephone System*, New-York, 1932).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les soudures en acier doux déposées à l'arc électrique. Rôle de l'enrobage au point de vue des distorsions des grains cristallins.* Note de MM. **D. Rosenthal** et **M. Mathieu**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons signalé ([1]) que les diagrammes de rayons X rendent manifeste l'existence de distorsions des cristaux dans les dépôts de soudure effectués au moyen d'un fil d'apport d'acier doux nu, et qu'ils n'accusent presque pas de distorsions dans les dépôts de soudure protégés par un laitier et effectués au moyen d'une électrode enrobée.

Nous avons multiplié les essais en vue de confirmer cette conclusion et de préciser la véritable action de l'enrobage.

Exécution des éprouvettes. — Nos essais ont porté sur du métal de soudure déposé entre deux tôles d'acier doux, qualité chaudière, épaisses de 15^{mm} et écartées de 20^{mm} l'une de l'autre. Nous y avons prélevé des barreaux Charpy de 10×10^{mm} de section. Les couches extérieures de soudure, contenant du métal surchauffé, se sont ainsi trouvées soustraites à l'examen aux rayons X.

Description des essais :

Première série. — Nous avons utilisé un type spécial d'électrodes dont l'enrobage contenait des oxydes. En conservant la même composition de l'enrobage et en augmentant son épaisseur (épaisseurs de 0,10, 0,7 et 1^{mm},0), nous avons obtenu des diagrammes de rayons X formés de stries radiales (astérisme) de moins en moins intenses. Malgré tout, ces stries, qui sont en relation avec les distorsions, existent, même dans les dépôts obtenus avec les électrodes ayant la plus forte épaisseur d'enrobage. Parallèlement, la résilience du dépôt augmentait (1,5, 3,0, 3,7 kgm/cm^2). (Ces nombres sont des moyennes de trois essais effectués sur chaque échantillon.) Toutefois aucune éprouvette n'a résisté au pliage à chaud (au rouge clair) ce qui prouve l'oxydation du dépôt ([2]).

Deuxième série. — Avec un enrobage d'épaisseur moyenne (0^{mm},75), mais protecteur au point de vue chimique, nous avons obtenu des dépôts qui ne présentaient pas de distorsions.

Troisième série. — Nous avons également examiné une soudure déposée par un fil nu (sans enrobage protecteur) d'acier doux auquel était incorporé un réducteur. Cette soudure a manifesté de fortes distorsions et une résilience médiocre (3,4 kgm/cm^2). Elle a pourtant bien résisté au pliage à chaud et l'examen métallographique n'a pas révélé la présence d'aiguilles de nitrures.

De ces deux derniers essais, il semble donc résulter qu'une protection chimique contre l'oxydation, due à la présence des éléments spéciaux incor-

([1]) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 484.

([2]) Niedenthal, *Kruppsche Monatshefte*, 2, 1930, p. 209.

porés dans le fil de l'électrode soit insuffisante à elle seule pour combattre les distorsions dans le métal. Il faut en plus un laitier protecteur recouvrant le dépôt. Ceci paraît d'autant plus probable que des distorsions se sont manifestées également dans le métal de base à proximité de la soudure lorsque l'électrode était en fil nu ou très faiblement enrobé. (Essais de la première série avec des enrobages de $0^{mm},15$ et $0^{mm},7$ et essais de la troisième série.)

D'autre part, un recuit subséquent de courte durée, aux environs de 850°, a fait disparaître les distorsions dans tous les échantillons examinés ci-dessus qui les présentaient à l'état de livraison.

Il n'en fut pas de même des dépôts obtenus au moyen d'un simple fil nu d'acier doux, examinés au cours de nos premiers essais. Les distorsions, bien que moins prononcées, ont subsisté même après ce recuit.

En conclusion, ces essais montrent que l'absence de distorsions dans les dépôts protégés par l'enrobage est due à un recuit *in situ*. Ce recuit s'opère plus facilement lorsque l'enrobage agit *en même temps* comme un protecteur de nature chimique (contre l'oxydation et la nitruration).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action photosensibilisatrice des matières fluorescentes incolores sur la floculation des solutions colloïdales.* Note de M. **Jean Bouchard**, présentée par M. C. Matignon.

Nous avions signalé [1] l'influence qu'exerce la lumière sur la floculation, par les électrolytes, des solutions colloïdales additionnées de diverses matières colorantes douées d'un pouvoir fluorescent intense. Nous avons étudié, du même point de vue, l'action de substances incolores ne donnant que des fluorescences très faibles ou nulles sous l'influence des rayons visibles mais présentant une vive émission de lumière de fluorescence sous l'influence d'une excitation ultraviolette.

Le rayonnement ultraviolet était fourni par une lampe en quartz à vapeur de mercure, tamisé par un verre de Wood. La solution colloïdale, additionnée de matière fluorescente, était disposée dans une cuve en quartz de $0^{cm},5$ d'épaisseur, à 20^{cm} de la source. Par des mesures intermittentes faites au spectrophotomètre, on suivait simultanément la floculation pour

(1) A. Boutaric et J. Bouchard, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 95 et 357; 193, 1931, p. 45.

la cuve irradiée et pour une cuve témoin contenant le même mélange et maintenue à l'obscurité. La durée de floculation de chaque solution était évaluée d'une manière précise par le temps nécessaire pour que l'opacité atteigne sa valeur limite. Afin d'avoir des mesures comparables, on choisissait par tâtonnements la quantité d'électrolyte de manière que la floculation ait toujours une durée de 75 minutes dans l'obscurité.

Les expériences ont été faites sur un sol de sulfure d'arsenic additionné de KCl et d'une substance fluorescente, de manière que la concentration en As^2S^3 soit $2^g,9$ par litre et celle de la substance fluorescente $0^g,5$ par litre.

Dans tous les cas nous avons constaté que l'action du rayonnement ultraviolet, en même temps qu'il détermine la photoluminescence de la matière fluorescente introduite dans la solution, entraîne une accélération de la floculation qui, sous l'influence du rayonnement ultraviolet, se produit toujours en un temps inférieur à 75 minutes. C'est ce que montrent les résultats contenus dans le tableau suivant qui donne les durées de floculation observées sous l'influence du rayonnement ultraviolet, pour un certain nombre de matières fluorescentes incolores :

Matière fluorescente.	Durée de floculation (en minutes).
Esculine	35
Acide α-naphtol-4-monosulfonique (sel de sodium)	60
Acide α-naphtol-3.6-disulfonique (sel neutre de sodium)	55
Acide β-naphtol-6-monosulfonique	50
Acide β naphtol-3.6-disulfonique (monosel de soude R)	60
Acide β-naphtol-6.8-disulfonique (sel de potassium)	45
Acide β-naphtol-3.7-disulfonique	50
Acide β-naphtol-3.6.8-trisulfonique	35
Acide β-naphtylamine-6.8-disulfonique	50

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la recherche en solution aqueuse des combinaisons entre le chlorure de thoryle et les chlorures alcalins.* Note (¹) de MM. **Ed.** et **R. Chauvenet**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons recherché les combinaisons susceptibles d'être formées en solution aqueuse par le chlorure de thoryle et les chlorures alcalins. Nous avons appliqué la méthode des chaleurs de mélange de solutions équimolé-

(¹) Séance du 4 mars 1932.

culaires concentrées [1]. Nous avons été dans l'obligation de limiter le nombre de nos mesures, à cause du prix élevé de certains produits, sans préjudice d'ailleurs pour la précision et pour l'interprétation de nos résultats.

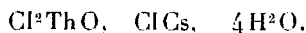
Le tableau suivant résume nos mesures :

Volumes de Cl^2ThO N/2.	Volumes du chlorure alcalin N/2.	Calories dégagées.				
		ClLi.	ClNa.	ClK.	ClRb.	ClCs.
cm³	cm³	cal.	cal.	cal.	cal.	cal.
250	50	5,2	8	20	5	7
200	100	20	20,2	27	18	20
150	150	35	26,4	37	28	30
100	200	18	15,7	23	15	18
50	250	5	7	17	6	4,5

L'effet thermique a été nul pour le système Cl^2ThO — $ClNH^4$. Les graphiques construits avec les données précédentes signalent, pour chaque système, l'existence d'une combinaison moléculaire du type Cl^2ThO, ClM.

Nous avons essayé de les isoler par évaporation lente des solutions correspondantes; nous avons pu en obtenir deux seulement, celle du potassium et celle du cæsium. Par concentration suffisante, les solutions ont déposé des cristaux, lesquels, séchés à l'air sec, répondent à la composition


Cl^2ThO, ClK, $4H^2O$;


Cl^2ThO, ClCs, $4H^2O$.

Résultats analytiques :

	Cl^2ThO, ClK, $4H^2O$ trouvé.	Cl^2ThO, ClK, $4H^2O$ calculé.		Cl^2ThO — ClCs, $4H^2O$ trouvé.	Cl^2ThO — ClCs, $4H^2O$ calculé.
Cl %.....	22,57	22,85	Cl %.....	18,72	19,02
Th %.....	49,48	49,89	Th %.....	40,98	41,5

(1) G. Urbain, P. Job et Ed. Chauvenet, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 855.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les vinylaryl et vinylaralcoylcarbinols ; leur transformation en β-homoacroléines.* Note [1] de M. **Raymond Delaby**, présentée par M. A. Béhal.

En 1922, j'ai cherché à déterminer les conditions optima de préparation des vinylalcoylcarbinols, matières premières pour l'obtention des α-alcoyl-glycérols [2]. Ces alcools secondaires, alors peu connus, ont été depuis les points de départ d'importants travaux en France comme à l'étranger [3].

Cette Note résume une étude parallèle de quelques termes de la série cyclique, obtenus en condensant l'acroléine avec les magnésiens de bromures d'aryles et d'aralcoyles. J'ai préparé jusqu'ici, avec plus ou moins de facilité, les six alcools éthyléniques suivants : vinylphénylcarbinol (A), $C^9H^{10}O$; *vinyl-o-tolylcarbinol* (B), vinyl-*p*-tolylcarbinol (C) et *vinyl-benzylcarbinol* (D), tous trois de formule brute $C^{10}H^{12}O$; *vinyl* [*β-phényl-éthyl*]-*carbinol* (E), $C^{11}H^{14}O$; *vinyl*-[*γ-phénylpropyl*]-*carbinol* (F), $C^{12}H^{16}O$. Ci-dessous quelques constantes physiques :

	Eb.	Densités.		Indices de réfraction.	Réfractions moléculaires. Trouvé.	Calculé.	Δ.
A...	$77°/2^{mm}$	$D_4^{0°} = 1,035$	$D_4^{15°} = 1,023$	$N_D^{16°,2} = 1,5456$	41,37	41,22	+0,15
B...	$92\text{-}93°/2^{mm}$	$D_4^{0} = 1,024$	$D_4^{18} = 1,009$	$N_D^{11} = 1,5429$	45,95	45,84	+0,11
C...	$90°/2^{mm}$	$D_4^{0} = 1,015$	$D_4^{18,5} = 1,003$	$N_D^{22} = 1,5346$	45,96	45,84	+0,12
D...	$111\text{-}113°/12^{mm},5$	$D_4^{0} = 1,021$	$D_4^{17,2} = 1,001$	$N_D^{16,7} = 1,5353$	46,08	45,84	+0,26
E...	$105°/3^{mm}$	$D_4^{0} = 1,000$	$D_4^{16} = 0,987$	$N_D^{21} = 1,5271$	50,67	50,45	+0,22
F...	$112°/2^{mm}$	$D_4^{0} = 0,988$	$D_4^{18} = 0,977$	$N_D^{17} = 1,5245$	55,09	55,07	+0,02

Le premier terme a été déjà obtenu plusieurs fois préparé (Klages et Klenk, Kohler, Moureu et Gallagher, Bouis, Meisenheimer et Link, etc.) : j'ai pu atteindre 75 pour 100 du rendement théorique par rapport à l'acroléine. La condensation pour les deux suivants est moins avantageuse, surtout pour le dérivé ortho : Burton et Ingold [3] ont préparé récemment le para avec 54 pour 100 de la proportion théo-

---

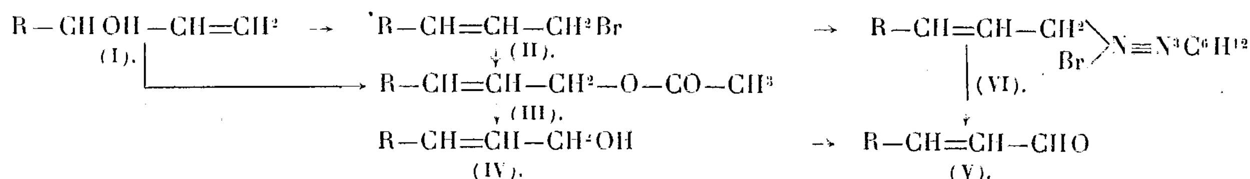
(1) Séance du 4 avril 1932.

(2) R. Delaby, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 967.

(3) Cf. notamment aux *Comptes rendus* : R. Delaby et J.-M. Dumoulin, 180, 1925, p. 1277; R. Delaby, 181, 1925, p. 722, et 182, 1926, p. 140; J.-M. Dumoulin, 182, 1926, p. 974; C. Prévost, 182, 1926, p. 853; M. Bouis, 183, 1926, p. 133; R. Delaby et S. Guillot-Allègre, 192, 1931, p. 1467; puis L. Claisen et E. Tietze, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 59, 1926, p. 2344; J. Meisenheimer et J. Link, *Ann. der Chem.*, 479, 1930, p. 211.

rique. Le vinylbenzylcarbinol est le plus difficile à obtenir (rendement de l'ordre de 5 pour 100), malgré de multiples modifications dans la technique de condensation des magnésiens, soit du chlorure, soit du bromure de benzyle. Par contre, les deux derniers vinylaralcoylcarbinols s'obtiennent facilement à la manière habituelle : au minimum 57 pour 100 de la théorie pour le vinylphénylpropylcarbinol.

Pour transformer ces alcools secondaires (I) en aldéhydes (V) correspondant aux alcools primaires isomères (IV), plusieurs synthèses sont réalisables. Avec Mme Guillot-Allègre (*loc. cit.*), nous avons atteint les β-homoacroléines de la série grasse, en suivant l'ordre de numérotation (I) à (V) du schéma ci-dessous :



en série aromatique, on gagnerait sans doute une opération en transformant directement l'alcool secondaire en acétate primaire (III), selon l'expérience de Burton et Ingold [1], sur le vinyl-*p*-tolylcarbinol. J'ai obtenu assez rapidement les β-homoacroléines cycliques (sauf la benzylacroléine) en transformant par BrH ou Br^3P les carbinols (I) en bromures synioniques (II) ; ceux-ci se fixent facilement sur l'hexaméthylène-tétramine, et les sels formés (VI) sont hydrolysés à chaud [2].

Bromures (II) de	Eb.	Br pour 100 des sels d'hexaméthylène-tétraminium (VI). Trouvé.	Calculé.
Cinnamyle, C^9H^9Br	111-114°/4^{mm}	23,65	23,73
β-[*o-tolyl*]-*allyle*, $C^{10}H^{11}Br$	115-116°/2^{mm}	22,76	22,79
β-[*p-tolyl*]-*allyle*, $C^{10}H^{11}Br$	–	22,23	22,79
β-[α'-benzyl]-allyle, $C^{10}H^{11}Br$	126-130°/10^{mm},5	22,52	22,79
β-[*β'-phényléthyl*]-*allyle* $C^{11}H^{13}Br$	117°/1^{mm}	22,05	21,92
β-[*γ'-phénylpropyl*]-*allyle*, $C^{12}H^{15}Br$	117-120°/0^{mm},7	21,09	21,10

---

(1) H. BURTON et C. K. INGOLD, *Chem. Soc.*, 131, 1928, p. 904.
(2) Cf. M. SOMMELET, *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 852.

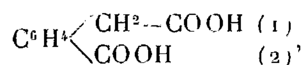
Aldéhydes (V).	Eb.	Semicarbazones. F. instantané. Bloc Maquenne.
β-[*o-totyl*]-*acroléine*, $C^{10}H^{10}O$	139-141°/16^mm^	216° (Bert : 217°)
β-[*p*-totyl]-acroléine, $C^{10}H^{10}O$	145-146°/16^mm^	246° (Bert : 243°)
β-[β′-phényléthyl]-acroléine, $C^{11}H^{12}O$	115-117°/2^mm^	195°, 5 [a]
β-[*γ′-phényl-propyl*]-*acroléine*, $C^{12}H^{14}O$	126-128°/2^mm^, 5	172°, 7 [b]

[a] N % trouvé 19,23; calculé 19,35. [b] N % trouvé 18,44; calculé 18,18.

Bert et ses collaborateurs (¹) ont indiqué récemment deux autres méthodes de préparation des β-arylacroléines, à partir du dichloropropène 1.3; pour les semicarbazones de celles que j'ai préparées, le point de fusion instantanée est sensiblement le même. La β-[*p*-tolyl]-acroléine (crist. alcool F. 42°, 5) a déjà été obtenue par condensation de l'aldéhyde *p*-toluique et de l'aldéhyde acétique (²), de même que la β-[β′-phényléthyl]-acroléine, en remplaçant dans cette condensation l'aldéhyde *p*-toluique par l'aldéhyde hydrocinnamique (³).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de l'acide homophtalique par oxydation de l'indène.* Note (⁴) de MM. **André Meyer** et **Robert Vittenet**, présentée par M. A. Desgrez.

L'*acide homophtalique*,



$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH^2-COOH & (1)\\ COOH & (2)\end{matrix}\right.$$

constitue une matière première intéressante pour la synthèse des dérivés de l'isoquinoléine, les homophtalimides en particulier. Cependant, malgré le nombre assez élevé de méthodes de préparation publiées, ce composé restait jusqu'alors difficilement abordable.

Wislicenus (*Liebigs Annalen*, 233, 1886, p. 102) prépare le demi-nitrile homophtalique à partir du phtalide, réaction exigeant des conditions de température rigoureuses et ne permettant d'opérer que sur de petites

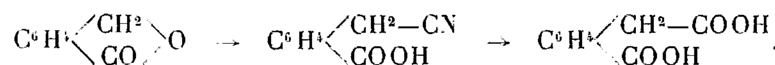
(¹) L. Bert et P. Dorier, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 332 et 378; L. Bert et R. Annequin, *Comptes rendus*, 192, 1941, p. 1315.

(²) M. Scholtz et A. Wiedemann, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 36, 1903, p. 850.

(³) E. Fischer et E. Hoffa, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 31, 1898, p. 1993.

(⁴) Séance du 29 mars 1932.

quantités à la fois,



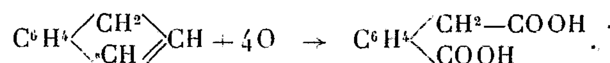
La méthode de Gabriel (*Ber. d. ch. G.*, 20, 1887, p. 2224 et 2502; 31, 1898, p. 2733), partant de l'*o*-toluidine, par l'intermédiaire du chlorure d'orthocyanobenzyle, comporte de multiples opérations; elle est très pénible, par suite de la manipulation du nitrile halogéné.

Le procédé de Graebe et Trumpy (*Ber. d. ch. G.*, 31, 1898, p. 375) (réduction par P et HI de l'acide phtalonique) donne des rendements satisfaisants, mais nécessite la préparation préalable de l'acide phtalonique et emploie un réducteur coûteux.

La méthode la plus commode consiste à oxyder l'*indanone* (Ingold et Piggott, *J. Chem. Soc.*, 123, 1923, p. 1483). Ce procédé, utilisé par Haworth et ses collaborateurs, pour l'obtention des acides homophtaliques substitués, leur a permis de préparer les matières premières nécessaires à leurs belles synthèses d'alcaloïdes de l'isoquinoléine (cryptopine, protopine, oxyberbérine, etc.) (*J. Chem. Soc.*, 127, 1925, p. 1368; *Ibid.*, p. 1709; 1927, p. 548).

Les intéressants travaux de MM. Courtot et Krolikowski (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 320) ont établi que l'indanone elle-même se prépare plus commodément par oxydation du chloro-indane que par cyclisation du chlorure de phénylpropionyle.

Nous nous sommes proposé d'étudier si, dans certaines conditions, il ne serait pas possible de préparer directement l'acide homophtalique par oxydation de l'indène, sans passer préalablement par le chloro-indane et l'indanone. La réaction deviendrait alors



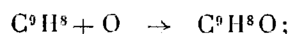
Il s'agit de limiter le plus possible les réactions concomitantes, conduisant, soit à l'indanone, soit à l'acide phtalique, en évitant la polymérisation de l'indène lui-même.

Heusler et Schieffer (*Ber. d. ch. G.*, 32, 1899, p. 28) ont signalé la formation d'acide homophtalique parmi les produits d'oxydation des huiles indéniques à l'aide du permanganate de potassium. Mais l'un de nous, ayant essayé d'appliquer ce procédé à l'indène pur, a constaté l'impossibilité de l'utiliser à une préparation régulière, par suite de la défectuosité des rendements et de la difficulté d'isolement des produits de réaction.

Nous avons étudié méthodiquement l'oxydation de l'indène par le mélange sulfochromique, en faisant varier les proportions d'acide sulfurique, de bichromate de potassium, la durée de l'oxydation, le mode opératoire, etc. Les résultats de cette étude seront publiés ultérieurement dans un autre Recueil. Nous indiquerons ici les conclusions principales de nos recherches.

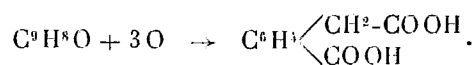
I. La réaction se passe comme si l'oxydation de l'indène s'effectuait en deux phases :

a. Transformation en indanone :



$$C^9H^8 + O \rightarrow C^9H^8O;$$

b. Oxydation de l'indanone en acide homophtalique :



$$C^9H^8O + 3O \rightarrow C^6H^4\begin{cases}CH^2\text{-}COOH\\COOH\end{cases}.$$

II. Les rendements sont fonction de l'excès d'acide sulfurique employé, de l'excès de bichromate utilisé et enfin de la durée de l'oxydation. Ils peuvent être représentés par une courbe présentant un maximum de 66 pour 100 de la théorie (rendement maximum obtenu par l'emploi de quatre fois les proportions théoriques d'acide sulfurique et d'un excès de 30 pour 100 environ de bichromate).

III. L'oxydation de l'indanone en acide homophtalique peut être représentée, en fonction des mêmes facteurs que ci-dessus, par une courbe identique à celle obtenue avec l'indène.

IV. Nous avons observé, dans l'oxydation du chloro-indane en acide homophtalique, les mêmes particularités; que l'on parte de l'indène, de l'indanone ou du chloro-indane, les courbes représentatives de l'oxydation sont entièrement superposables.

L'acide homophtalique *pur* possède un point de fusion de 189-190°. Les points de fusion indiqués dans la littérature sont notablement inférieurs.

En résumé, nous avons mis au point un procédé simple de préparation de l'acide homophtalique à partir de l'indène, carbure qu'il est possible de se procurer aujourd'hui dans des conditions accessibles.

GÉOLOGIE. — *Sur la position du bord Nord de la Meseta marocaine.* Note de M. **P. Russo**, présentée par M. Ch. Jacob.

Un forage a été entrepris par le Service des Travaux publics du Maroc à Si Allal Tazi, dans la plaine du Sebou.

J'ai été appelé à l'étudier.

Les résultats de ce forage, intéressants à divers points de vue géologiques, me paraissent mériter une mention spéciale pour les éclaircissements qu'ils apportent touchant la position du bord nord de la Meseta marocaine et du continent africain, par rapport au bord sud de la région rifaine et de l'Eurasie.

J'ai indiqué ailleurs ([1]) que l'Afrique, au droit du Rif, sous-charrie l'Eurasie, contrairement à ce qui se passe plus à l'Est ([2]). Les observations de Si Allal Tazi semblent le confirmer.

On a, dans le forage, traversé 220^m de dépôts pliocènes et quaternaires, puis 30^m de dépôts dont aucun fossile déterminable ne permet de fixer l'âge, mais qui contiennent de nombreux fragments d'huîtres et une molasse gréso-argileuse dont le cachet d'ensemble est tout à fait celui du Vindobonien de la région voisine. Au-dessous, vers la cote — 250, on est entré dans une roche dure, formée d'un calcaire rempli de fragments de quartz, de feldspaths et de mica noir, sorte d'arkose à ciment calcaire, entièrement comparable aux « Grès du Zerhoun », qui d'ailleurs affleurent au Dj. Kefs, localité peu éloignée.

M. Daguin ([3]) ayant montré que ces grès sont d'âge jurassique, nous sommes obligés d'admettre que le Paléozoïque est certainement plus bas que la cote — 250. D'autre part, interpolant et extrapolant les diverses données fournies par les cotes connues de la Meseta marocaine, nous voyons qu'au droit de Si Allal Tazi, le Paléozoïque de cette grande unité doit se trouver à la cote — 480. Puisque vers le bord de la Meseta ibérique

---

([1]) P. Russo, *Observations et hypothèses sur les rapports du Rif, de la Cordillère bétique et de l'Atlas* (*Congr. Géol. internat. Prétoria*, 1929, p. 485-492).

([2]) E. Argand, *La tectonique de l'Asie* (*Congr. Géol. internat.*, Bruxelles, 1922, p. 171-372).

([3]) F. Daguin, *Contribution à l'étude géologique de la région prévitsine* (*Mém. Dir. gén. des travaux publics du Maroc*, Thèse, 1927, p. 213-219).

nous trouvons, au contraire, le Paléozoïque constamment situé à des cotes élevées, atteignant la valeur +1100 dès au delà de la faille du Guadalquivir, nous devons admettre que sous le Rif, et sans préjuger du rôle de ce pays encore incomplètement élucidé (mais, en tout état de cause, pays de diastrophisme très marqué), le bord nord de l'Afrique est *situé plus bas* que le bord sud de l'Eurasie.

GÉOLOGIE. — *Contribution à la géologie de la Djezireh (territoires syriens de la rive gauche de l'Euphrate).* Note de MM. **L. Dubertret**, **A. Keller** et **H. Vautrin**, présentée par M. Ch. Jacob.

Cette nouvelle Note, correspondant aux recherches géologiques entreprises en Syrie pour le Haut Commissariat de la République Française, indique les caractères d'une région inexplorée jusqu'ici au point de vue géologique.

Au-dessus de vastes plaines gypseuses, tabulaires, à 400^{m} d'altitude, surgissent d'étroites rides linéaires Ouest-Est : le Djebel Abd el Aziz (800^{m}) et le Djebel Sindjar (1600^{m}), parties centrales de deux rides plus longues qui se relayent tout en étant situées à peu près dans un même grand alignement. Au Nord vient le Karachok Dagh, constituant l'extrémité occidentale du Djebel Bikhair.

Le *Djebel Abd el Aziz*, pli déversé vers le Nord, érodé dans les vallées de Ngarra, y montre un noyau de formation primaire et secondaire (jusqu'au Turonien compris), recouvert d'une série discordante allant du Sénonien au Miocène.

Le noyau comprend deux unités qui sont :

a. Au Sud, un dôme, formé de lambeaux et de blocs épars de quartzites à graphite, de calcaires métamorphiques et de grès qui sont enveloppés par des calcaires ferrugineux, parfois gréseux à : *Spirifer tornasensis* Köning [1] *Orthothetes crenistria* Phill., *Ambocoelia Urei* Flem., *Fenestella* sp., *Rhabdomeson* sp., associés à des grès micacés avec plantes flottées : *Lepidodendron* aff. *Veltheimianum* Sternb., *Archeosigillaria* aff. *Vanuxemi* Goepp. Flore et faune sont d'âge tournaisien.

---

[1] Nous avons été aidés dans la détermination des faunes par MM. H. Douvillé, Ch. Jacob, F. Roman, J. Cottreau, M. l'Abbé Carpentier, M. P. Pruvost et Mlle E. David.

b. Au Nord du dôme, un bourrelet vertical, formé de grès bariolés avec limonite, de calcaires gréseux jaunes et de dolomies grises et noires, toutes couches impossibles à dater actnellement. Le bourrelet paraît surmonté en concordance par des couches allant de l'Aptien au Turonien :

1. *Aptien.* — Grès calcareux à *Heteraster oblongus* Brong. var. *syriaca* Lor., *Pyrina* aff. *incisa* Agas., *Orbitolina* cf. *concava* LmK., *O. lenticularis* Blum.

2. *Albien.* — Marnes claires et grès ferrugineux oolithiques à : *Diplopodia hermonensis* Lor., *Orbitolina* cf. *concava*, *O. lenticularis.*

3. *Cénomanien.* — Marnes claires et dolomies à *Heteraster Delgadoi* Lor.

4. *Turonien.* — Conglomérats surmontés de grès siliceux à faune du type turonien d'Uchaux : *Cyclolites ellipticus* LmK., *C. Dumortieri* d'Orb., *Pectunculus subauriculata* Forb., *Pecten alpinus* d'Orb., *Pygorhynchus floridus* Coq., *Eoradiolites* sp., avec, au sommet : *Vaccinites* aff. *gosaviensis* Douv., du Turonien supérieur.

La couverture du noyau montre :

5. *Sénonien inférieur.* — Alternance de conglomérats, de grès et de marnes, à gros Radiolitidés encore indéterminés, 15^{m}.

6. *Maestrichtien et Danien* (?). — Craie avec, au sommet, des intercalations de calcaires et de grès à Foraminifères dont : *Orbitoides apiculata* Schlum., *Rosalina Linnei* d'Orb., Globigérines et Textillaires, 200^{m}.

7. *Lutétien.* — Calcaires bréchiques, silicifiés, à *Orthophragmina Chudeaui* Schlot., Operculines et Algues, 0 à 25^{m}.

8. *Éocène supérieur ou Oligocène.* — Calcaires crayeux et marneux à Operculines et débris d'Oursins, 80^{m}.

9. *Burdigalien* (?). — Craie a *Brissopsis* sp. et *Pecten* cf. *Gentoni* Font. 15^{m}.

10. *Vindobonien.* — Il comprend : *a.* à la base, des calçaires crayeux conglomératiques à débris indéterminables, surmontés de calcaires compacts, 30 m. ; *b.* au sommet, du gypse avec intercalations de calcaires poreux à *Clausinella* sp., 200^{m}.

Le Djebel Sindjar paraît présenter la même structure, mais il n'a pas encore été possible d'y identifier les formations antésénoniennes. Les marnes jaunâtres du Miocène, ainsi que les intercalations calcaires dans les gypses, y sont plus développées.

Le Djebel Bikhair, semblable au Djebel Sindjar, comprend également du Sénonien, mais son prolongement, le *Karachock Dagh*, montre seulement le sommet de la série gypseuse, et au-dessus, des alternances de marnes gréseuses rouges et de grès clairs à stratification entre-croisée, avec au sommet des conglomérats. Ce complexe surmontant les gypses est l'équivalent de l'*Upper Fars* et du *Bakhtiari* de l'Irak : il est donc d'âge miocène et pliocène (?). Sur ce complexe, érodé, reposent en discordance des conglomérats avec coulées balsatiques intercalées.

Tectonique. — Le Mésocrétacé et le complexe grèseux sous-jacent non daté reposent, à Ngarra, en discordance sur le noyau primaire, ce qui indique une phase orogénique ancienne, probablement hercynienne. Un régime marin s'atablit à partir de l'Aptien et s'affirme au Cénomanien. Une nouvelle phase orogénique, importante, provoque une émersion progressive au Turonien. Puis, au cours du Sénonien, nouvelle transgression, bientôt suivie d'émersion. Le Lutétien est de nouveau transgressif, mais sur un pays peu déformé. Une dernière émersion s'est produite à la fin du Miocène, résultant d'une phase orogénique qui a plissé les couches jusqu'aux grès du Karachok Dagh inclus. Enfin se déposent les alluvions récentes et apparaît le volcanisme,

Conclusions. — De cette étude on retiendra : 1° l'existence du Carbonifère non encore signalé en Syrie; 2° la présence en Djezireh d'une série marine mésocrétacée; 3° les affinités de structure de la Djezireh avec l'Irak; 4° la succession dans le Djezireh d'une phase orogénique importante vers la fin du Turonien, d'une transgression sénonienne (maestrichtienne?), puis d'une dernière phase orogénique débutant à la fin du Sénonien et se terminant au Pliocène.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur les facteurs de variation du pouvoir réducteur de l'eau de mer*. Note de M. **Paul Chauchard**, présentée par M. J.-B. Charcot.

Nous avons employé la méthode de Schulze-Trommsdorff préconisée par Giral Pereira [1]. L'échantillon d'eau de mer, aussitôt prélevé, est filtré et maintenu à 100° pendant dix minutes, en milieu alcalin, en présence de 10^{cm^3} d'une solution au tiers centi-normal de permanganate de potassium (1^{cm^3} dégage $0^g,00008$ d'oxygène). Le surplus de permanganate est saturé par 10^{cm^3} d'acide oxalique équivalent, dont on dose l'excès par le permanganate. L'opération finale donne donc directement le nombre de centimètres cubes de permanganate réduit par l'eau de mer : c'est ce nombre, par litre d'eau de mer que E. Fischer [2] a appelé pouvoir réducteur de l'eau de mer. Cette méthode permet d'obtenir, non des mesures

(1) Giral Pereira, *Instituto español de Oceanografia*. Notas y Resumenes. Série II, n° 4, 1922.

(2) E. Fischer, *Ann. Institut. Océanographique*, 5, 1929, p. 219.

absolues, mais des résultats comparables. Le pouvoir réducteur provient des matières organiques en dissolution dans l'eau, mais on ne peut pas encore actuellement traduire avec certitude les résultats en poids de matière organique.

Le pouvoir réducteur est une caractéristique assez fixe de l'eau de mer : à Saint-Servan, E. Fischer a constaté, d'une part des variations en fonction de la marée, d'autre part quelques irrégularités d'un jour à l'autre, les valeurs extrêmes étant 9 et 19. C'est à l'étude de ces irrégularités que nous nous sommes attaché, au Laboratoire maritime de Saint-Servan sur l'eau littorale, et pendant deux croisières du *Pourquoi-Pas?* en Manche et dans l'Atlantique ([1]). Nous avons trouvé les mêmes valeurs moyennes au large et à Saint-Servan. De ce travail ressort l'influence des conditions météorologiques sur le pouvoir réducteur de l'eau de mer.

1° En période de beau temps (pression barométrique élevée, vent d'Est, mer calme), le pouvoir réducteur se maintient entre 10 et 14. Les chiffres trouvés sont bas, il n'y a pas de variations brusques d'un point à un autre, ou d'un jour à l'autre. Le tableau I donne quelques chiffres du 23 septembre 1931, sur le *Pourquoi-Pas?*, au large du Finistère, par beau temps et vent d'Est depuis le 8 septembre.

TABLEAU I.

Numéro de la prise 1931.	Heure.	Position.	Pouvoir réducteur.
2	7h10m	Ile Vierge	14
5	9.7	Balise Valbelle	14
6	9.40	Basse du Courleau	13
8	10.20	Pte St-Mathieu	12
10	11.25	Entrée du goulet de Brest	13
11	11.45	Tourelle Mengam	15

2° En période de mauvais temps (baromètre bas ou variable, vent d'Ouest, tempête, mer agitée), le pouvoir réducteur subit de fortes variations locales et donne des chiffres en moyenne très élevés (de 15 à 30). Ainsi, sur le *Pourquoi-Pas?* le 7 octobre 1930, dans la même région, mais en période de tempêtes depuis le 15 septembre, nous trouvions (tableau II) :

([1]) P. CHAUCHARD, *Ann. hydrographiques*, 11, 1931, p. 26, et suiv., et 1932 (sous presse).

TABLEAU II.

Numéro de la prise (1930).	Heure.	Position.	Pouvoir réducteur.
18	15h00m	Ile Vierge	18
17	12.15	Chenal du Four	21,5
16	11.15	Pte St-Mathieu	16,5
15	9.50	Tourelle Mengam	24

3° Nous avons pu, en septembre 1931, suivre l'influence sur le pouvoir réducteur du passage d'une période de mauvais temps à une période de beau temps. C'est ce que montre le tableau III : toutes les mesures ont été prises à marée haute à la cale Saint-Père. Le mauvais temps avait duré tout le mois d'août.

TABLEAU III.

Date.	Pouvoir réducteur.	Pression barométrique.	Observations.
5	20	755mm	Vent d'W. Tempête. Pluie.
6	24	765	» Mer plus calme. Pluie.
7	20	770	» Mer calme. Pluie.
8	27,5	775	Vent d'E. Beau temps.
9	23	770	» »
10	12	768	» »
11	14	775	» »
12	11	775	Vent d'W. Mer calme. Pluie.
16	14	775	Vent d'E. Très beau temps.

Il résulte de ces observations que le pouvoir réducteur ne s'abaisse qu'après plusieurs jours de calme. Lors de l'arrivée du mauvais temps, le pouvoir réducteur ne s'élève également qu'après plusieurs jours d'agitation.

De courtes périodes de temps contraire, intercalées dans des périodes de beau ou de mauvais temps, sont presque sans action sur le pouvoir réducteur. En période calme, le pouvoir réducteur diminue d'abord faiblement avec la profondeur, puis plus rapidement à partir de 100m. L'action du mauvais temps n'est sensible en général que dans les eaux superficielles, pouvant apporter parfois des perturbations jusque vers 25m.

Enfin les variations de la teneur en oxygène dissous sont généralement inverses de celles du pouvoir réducteur (9,57 le 6 septembre 1931, 11,04 le 20 septembre à Saint-Servan).

Il est probable que cette action des tempêtes sur le pouvoir réducteur est due, d'une part au déplacement des vases littorales riches en matières

organiques, d'autre part aux perturbations apportées dans le plancton. Les particules réductrices, ainsi mises en liberté, se répandraient d'abord dans les couches superficielles, et descendraient petit à petit, de plus en plus oxydés, vers la profondeur.

On peut dire que le pouvoir réducteur caractérise un équilibre assez stable entre les oxydations et les réductions qui se produisent au sein de l'eau de mer, équilibre qui peut être troublé dans les conditions météorologiques indiquées. De tels changements influent très certainement sur les êtres marins et l'étude de ces variations présente un intérêt non seulement océanographique, mais encore biologique.

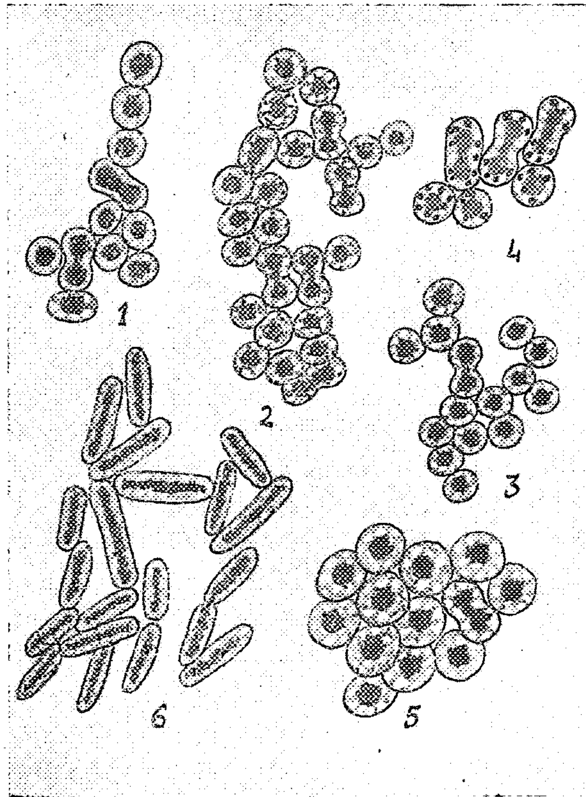
BOTANIQUE. — *Observations cytologiques sur les Rhodothiobactéries.* Note de M. A. Guilliermond, présentée par M. M. Molliard.

Certaines observations récentes (Stougthon, M. et Mme Ch. Hollande) ont remis en cause la question de la structure des Bactéries, pour laquelle, à la suite des recherches de Schaudinn et des nôtres, on admettait, généralement, la théorie du noyau diffus. Ces observations nous ont amené à reprendre des recherches sur cette question, notamment sur des Bacilles endosporés de dimensions relativement élevées. Ces recherches, actuellement en cours, ne nous ont pas permis de constater la présence d'un noyau dans ces Bactéries. Par contre, nous avons obtenu des résultats très intéressants et inattendus sur un groupe spécial de Bactéries, celui des Rhodothiobactéries dont l'étude cytologique a été, jusqu'ici, négligée. Seul le *Chromatium Okenii* a fait l'objet d'une observation de Bütschli qui y a décrit une structure analogue à celle des Cyanophycées, observation qui fut ensuite confirmée par certains auteurs et contestée par d'autres.

L'occasion nous a mis récemment en présence d'une flore très abondante de Rhodothiobactéries. Parmi les nombreuses formes coccus qui la constituait, nous avons pu distinguer un *Thiocystis* correspondant, probablement [1], au *T. violacea* Winogradsky (*fig.* 5) et un *Lamprocystis* qui paraît se rapporter à *L. roseo-persicina*, Kuntzing (*fig.* 1 à 3). A côté se trouvaient des formes bacillaires dont l'une est certainement le *Thiodyction elegans*, Winogradshy. Aucune de ces Bactéries n'a encore été étndiée au point de vue cytologique.

[1] Ces déterminations étant très délicates, nous faisons des réserves sur leur exactitude.

Observées sur le vivant, la plupart de ces Bactéries montrent, avec une grande netteté, une couche corticale, très réfringente, dans laquelle se trouve, à l'état diffus, la bactériopurpurine, et une région centrale hyaline et incolore. La réfrigérence de la couche corticale paraît attribuable à sa forte teneur en lipoïdes. Les grains de soufre sont également situés exclusivement dans cette couche corticale. Les essais de coloration vitale que nous



avons tentés ont toujours échoué, en raison de la gaine mucilagineuse qui entoure les cellules et retient les colorants.

Sur des coupes très minces fixées par des mélanges divers (liquides de Bouin, de Lenhossèk, formol, etc.) et colorées par l'hématoxyline ferrique, on retrouve, dans les formes coccus, la structure observée sur le vivant, avec une couche corticale et une région centrale très distinctes (*fig.* 1 à 5). La zone corticale, très faiblement teinte en gris pâle et éosi-

nophile, présente une structure alvéolaire qui est due à la présence, dans son intérieur, de nombreux grains de soufre qui apparaissent comme des vacuoles. La région centrale est, au contraire, fortement colorée en noir : elle présente une forme arrondie avec un contour un peu irrégulier par suite des grains de soufre localisés dans la couche corticale et qui font souvent saillie sur son pourtour ; elle montre enfin un aspect granuleux ou même réticulaire surtout lorsque la différenciation est suffisamment poussée. Ses dimensions peuvent varier selon l'abondance des grains de soufre ; lorsque ceux-ci sont nombreux et très gros, ils augmentent l'épaisseur de la couche corticale et peuvent comprimer la région centrale dont les dimensions se réduisent, et dont le contour devient plus irrégulier. Le corps central est alors plus difficile à distinguer. Cette région centrale chromatique est absolument semblable au corps central des Cyanophycées et en particulier des Nostocs. A chaque partage de la cellule, on constate que ce corps central, comme dans les Cyanophycées, s'allonge puis prend la forme d'un haltère qui finalement se coupe, par sa partie effilée, pour fournir aux deux cellules-filles un corps central de même dimension (*fig.* 1, 2 et 3). Dans les formes bacillaires (*Thiodyction*), le corps central présente l'aspect d'un axe chromatique longeant la cellule d'un bout à l'autre (*fig.* 6) et se divisant, également, à chaque partage cellulaire. Ce corps central, qui doit être considéré comme un véritable noyau, de type primitif, apparaît très distinctement, aussi, dans les préparations colorées par l'hémalun, l'hématoxyline de Delafield, le bleu de Crésyle, le bleu Unna, ou le bleu de méthylène : il prend une teinte bleu foncé, tandis que la couche corticale se colore en bleu très pâle. Ces méthodes ont l'avantage de mettre en évidence la présence de corpuscules métachromatiques colorés en rouge violacé foncé et de dimensions variables (*fig.* 4) : ceux-ci sont exclusivement localisés dans la couche corticale. Il est probable que ces corpuscules sont situés dans de petites vacuoles que la petitesse des cellules ne permet pas de distinguer. Ces corpuscules se colorent, parfois aussi, par l'hématoxyline ferrique.

Ainsi nos recherches démontrent l'existence, dans les Rhodothiobactéries, d'une structure tout à fait différente de celle des autres Bactéries, et absolument semblable à celle que l'on observe dans les Cyanophycées, avec 1° *une couche corticale*, peu chromophile, renfermant le pigment et correspondant au cytoplasme, 2° *un corps central*, fortement chromatique, se divisant par étranglement à chaque partage cellulaire et représentant tous les caractères d'un noyau, mais d'organisation primitive. Ces faits nous

amènent donc à considérer ces Bactéries comme formant un groupe appartenant aux Cyanophycées (1).

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des conditions extérieures sur le développement de* Nigrospora Oryzæ (B. et Br.) *Petch, parasite du maïs en Roumanie*. Note (2) de MM. **Tr. Săvulescu** et **T. Rayss**, présentée par M. L. Mangin.

Nous avons précisé les caractères morphologiques, systématiques (3) et biologiques (4) de *Nigrospora Oryzæ* (B. et Br.) Petch, champignon, parasite du rachis des épis de maïs, qui a causé des dégâts importants aux cultures en Roumanie depuis 1929.

Pour étudier l'influence de la température sur la germination des spores et la croissance du mycélium de *Nigrospora*, nous nous sommes servis du thermostat en série Hearson donnant les températures entre 10 et 67°. Comme milieu de culture, nous avons employé l'extrait de farine de maïs (procédé Dodge) avec cultures en gouttes pendantes, soit dans les chambres humides Van Tieghem et Lemonnier, soit dans celles de A. Van Luijk. Les spores ont été prélevées sur les épis de maïs des années 1929 à 1931.

Pour étudier l'influence de la concentration du milieu en ions-hydrogène, nous avons employé l'extrait de farine de maïs d'après Dodge et le milieu synthétique Wollenweber en y ajoutant des proportions différentes d'acides organiques ou en les alcalinisant par NaOH et KOH. La détermination du pH a été faite par voie électrométrique à l'aide de l'appareil Trénel et parallèlement par voie colorimétrique à l'aide de l'appareil Hellige.

Nous donnons ici les résultats de nos recherches sur l'influence de la

---

(1) Il est assez curieux de constater que les *Beggiatoa*, d'après les observations que nous avons faites il y a quelques années, ne montrent aucune trace de corps central. (*C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926, p. 579). Il y a lieu de se demander si les Thiobactéries ne constitueraient pas un groupe hétérogène.

(2) Séance du 29 mars 1932.

(3) Tr. Săvulescu et T. Rayss, *Une nouvelle maladie du maïs en Roumanie provoquée par* Nigrospora Oryzæ (B. et Br.) *Petch* (*Archives roumaines de Pathologie expérimentale et de Microbiologie*, 3, i, 1930, p. 25).

(4) Tr. Savulescu et T. Rayss, *Contribution à la connaissance de la biologie de* Nigrospora Oryzæ (B. et Br.) *Petch, parasite du maïs* (*Recueil de travaux cryptogamiques dédiés à Louis Mangin*, 1931, p. 233-240).

température et de la concentration du milieu de culture en ions-hydrogène sur le développement du *Nigrospora* :

1° Les spores perdent leur faculté germinative au bout de 2 ans. Les spores vieilles d'une année la perdent également si elles sont à découvert et la gardent en partie si elles se trouvent à l'intérieur de l'épi de maïs.

2° La température minimale de germination pour les spores est un peu au-dessous de 10°; l'optimum réel de germination est à 30° et se manifeste déjà 5 heures après l'ensemencement; le maximum est à 47°.

3° La croissance normale du mycélium se fait entre 10° et 30° C. La température optimale est de 30°. La température maximale pour la croissance du mycélium varie avec le temps d'expérience : elle est de 41° après 24 heures et de 35° après 60 heures.

4° La formation de nouvelles spores se fait entre 25° et 30° après 40 heures, puis à des températures de plus en plus basses avec la durée de l'expérience. Après 7 jours, elles se forment en petit nombre même à 10°.

5° La température humide de 49°,5 est mortelle pour les spores après 4 jours; celle de 51°, après 6 heures; celle de 53°, après 1 heure; celle de 58°, après 6 minutes; celle de 67°, après 4 minutes d'exposition. Les cultures exposées à des températures comprises entre 49°,5 et 67° durant un temps plus court que la limite mortelle, forment des spores anormales.

6° Jusqu'à 12 heures d'exposition à la température sèche de 67°, les spores gardent leur pouvoir germinatif, mais le taux de germination et le pourcentage de nouvelles spores normales baissent progressivement avec la durée de l'exposition. Après 12 heures à la température sèche de 67°, la germination des spores transportées dans des conditions optimales baisse jusqu'à la limite, les filaments issus des spores se ramifient mais offrent sur leur parcours et au sommet des formations sporifères anormales à côté des spores normales. Cette formation de spores anormales sous l'influence de hautes températures à la limite de résistance, confirme les résultats des expériences de Barnes.

7° La température de 67° pendant 16 heures à l'état sec est mortelle pour les spores.

8° Les expériences de laboratoire et les observations dans les champs prouvent que la maladie peut être supprimée par l'action d'une température élevée combinée à la sécheresse du milieu de juillet au début de septembre.

9° La tolérance limite de l'acidité correspond pour tous les acides expérimentés (acides citrique, malique, tartrique) à la concentration de 0,5

d'acide (pH = 2,03-2,52). La germination la plus abondante se fait dans les milieux à concentration d'acide = 0,05 (pH = 4,4-4,8). Le meilleur développement se fait à cette concentration dans le milieu Dodge additionné d'acide citrique, le développement le plus faible dans ce milieu additionné d'acide tartrique.

10° La formation de nouvelles spores est influencée par la nature et la concentration des acides : le meilleur développement se fait toujours dans le milieu Dodge avec 0,05 pour 100 d'ac. citrique ; avec 0,1 pour 100 d'ac. citrique (pH = 3,5), il se forme des spores anormales et des enkystements terminaux et intercalaires à côté de spores normales.

11° Dans le milieu synthétique Wollenweber acidifié par les mêmes acides dans la même proportion, le développement se fait d'une façon absolument concordante, l'optimum ayant lieu dans le milieu de Wollenweber avec ac. citrique, au pH = 4,6, et le développement le plus faible avec ac. tartrique. Les différences dans les développements selon les milieux acidifiés nous prouve que ce n'est pas la nature des éléments nutritifs qui détermine la variation dans la croissance, mais bien la nature et la concentration des acides.

12° La germination des spores et la croissance du mycélium sont généralement moindres dans les milieux de culture alcalinisés que dans ceux acidifiés, quoique la tolérance pour les alcalis aille jusqu'au pH = 10.

13° Les cations Na et K ont une influence différente sur la germination des spores et la croissance du mycélium : le cation K a une influence favorisante et stimulante sur le développement de ce champignon en fournissant un taux de germination beaucoup plus élevé que le cation Na, même à de grandes concentrations.

14° La formation de nouvelles spores dans les milieux alcalinisés est généralement retardée relativement aux milieux acidifiés. Dans les milieux alcalinisés par NaOH, lorsque la concentration en ions-hydrogène dépasse la valeur de pH = 8, il n'y a plus formation de nouvelles spores. Dans les milieux alcalinisés par KOH, les nouvelles spores se forment même au pH = 9,81, mais seulement après 3 jours. On constate ici aussi l'action favorisante du cation K.

15° Dans le milieu synthétique Wollenweber alcalinisé par NaOH, le développement se fait d'une façon absolument concordante avec les milieux Dodge alcalinisés dans la même proportion.

16° Dans les milieux alcalinisés par KOH au pH au delà de 8,4, on observe 48 heures après l'ensemencement des enkystements intercalaires

ou terminaux, pareils à ceux observés dans les milieux à acide citrique (pH = 3,5). Il est intéressant de relever l'aptitude du *Nigrospora* à former des spores anormales et des enkystements à la limite de tolérance pour l'acidité, pour l'alcalinité et pour des températures élevées.

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur la physiologie du travail humain aux hautes altitudes.* Note de MM. **R. Bonnardel** et **W. Liberson**, présentée par M. L. Lapicque.

Cette Note résume les résultats d'expériences comparatives poursuivies au laboratoire de Physiologie du travail et à l'Institut scientifique du Jungfraujoch (3457^{m}). Nous avons pu, grâce à la remarquable installation de cet Institut, effectuer nos expériences à l'altitude dans les mêmes conditions physiologiques de repos, de nourriture, de température et avec les mêmes appareils de mesure de précision. Nos recherches ont porté sur le métabolisme, les échanges gazeux, les réactions du système circulatoire au repos et au travail, et la fatigue mentale.

Métabolisme. — Nous avons utilisé la méthode du circuit ouvert avec masque Tissot, spiromètre de Verdin, eudiomètre Laulanié. Le tableau ci-après indique la moyenne des chiffres expérimentaux que nous avons obtenus : 1° à Paris avant le séjour à l'altitude, 2° au Jungfraujoch, 3° à notre retour à Paris. Le métabolisme de base a été pris dans les conditions habituelles. Le métabolisme de travail a été déterminé dans les conditions suivantes : le sujet effectuait pendant 3 minutes des soulèvements de 2 haltères de 3^{kg} jusqu'à extension complète des bras au rythme de 15 soulèvements par minute. Les prises d'air expiré étaient faites pendant ces 3 minutes, et pendant la période suivante jusqu'au retour à la consommation de repos (9 minutes). D'autre part, avant la mesure du métabolisme de travail, un métabolisme de repos était pris. Ce dernier considéré pendant le même temps que le métabolisme de travail (12 minutes) nous permet de déterminer par différence le surplus de dépenses dû effectivement au travail.

Les moyennes de nos chiffres expérimentaux nous indiquent, pour le volume d'air passant dans les poumons aux conditions de température et de pression de l'expérience, une augmentation importante (28 pour 100), témoin d'une activité plus grande des muscles respiratoires. Pendant le travail l'augmentation est encore plus élevée (35 pour 100).

La quantité réelle d'air répondant au volume ramené aux conditions normales de 0° et 760^{mm} de pression est plus faible à une haute altitude aussi bien pendant le repos que pendant le travail (respectivement 16 et 13 pour 100).

Le métabolisme de base est légèrement augmenté (7 pour 100). L'élévation du métabolisme effectif de travail est plus importante (16 pour 100) dans nos expériences. Le coût du travail apparaît donc plus élevé à l'altitude qu'en plaine.

La quantité d'oxygène captée par litre d'air réel ventilé (Rapport O^2/V) passe en moyenne, au repos de 4,3 pour 100 en plaine à 5,5 pour 100 à l'altitude et de 4,1 pour 100 à 5,1 pour 100 pendant le travail.

Le quotient respiratoire ne présente pas de modification systématique. D'autre part, la capacité vitale n'a subi aucune modification (4,5 litres en plaine comme à l'altitude).

Fréquence cardiaque. — Au repos, sur notre sujet, nous avons constaté une augmentation en plateau pendant les 15 jours de notre séjour au Jungfraujoch (le pouls pris au réveil est passé de 68 à 80) avec retour brusque au rythme primitif dès le lendemain de notre descente en plaine. A l'effort (20 flexions sur les membres inférieurs au rythme de 30 à la minute), l'augmentation sur la fréquence cardiaque de repos a été sensiblement la même à l'altitude et en plaine et le retour au rythme de repos s'effectuait dans le même temps (1 min. 1/2).

La pression artérielle a subi peu de modifications. Au repos après une légère augmentation de 1^{cm} de Hg de la pression maxima dans les premiers jours, il y eut retour à la pression constatée dans la plaine. La pression moyenne n'a subi aucune modification. A l'effort, l'augmentation de la pression maxima par rapport à celle de repos a été la même à l'altitude et en plaine (2^{cm} Hg). La pression moyenne est toujours restée sensiblement stationnaire.

Fatigue mentale. — Reprenant les expériences de Dürig sur les temps de réaction, nous n'avons trouvé comme cet auteur aucune modification systématique, que ces temps de réaction soient commandés par un signal sonore ou par un signal visuel. Nous avons recherché si l'état de fatigabilité mentale particulière que l'on éprouve durant le séjour aux hautes altitudes pouvait être décelé dans les fonctions psycho-motrices mises en jeu dans l'étude des temps de réaction. Pour cela, nous prenions pendant une heure sans arrêt des temps de réaction au rythme de 6 à la minute. Cet exercice

fatigant n'a apporté aucune modification ni aux temps de réaction, ni aux écarts. La fatigabilité particulière à l'altitude ne paraît donc pas intéresser ces fonctions psycho-motrices.

Les détails sur les techniques, les chiffres expérimentaux correspondant à chaque détermination, et les discussions théoriques feront l'objet d'un Mémoire détaillé.

	Métabolisme de base (par minute).			Métabolisme de travail (en 12 minutes).		
	Paris avant.	Jungfrau.	Paris après.	Paris avant.	Jungfrau.	Paris après.
Ventilation apparente (en litres).	6	8	6,5	137	198	155
Ventilation réelle (en litres)....	5,3	4,8	6	125	118	144
O^2 consommé (en litres).......	0,250	0,267	0,251	5,19	6,02	5,66
$\frac{O^2}{V}$ (× 100)..................	4,6	5,5	4,1	4,1	5,1	4,1
Q. R.......................	0,84	0,80	0,82	0,97	0,94	0,96
O^2 total consommé pendant le travail (12 minutes) (en litres)..				5,19	6,02	5,66
O^2 consommé pendant 12 minutes de repos (en litres) (prises effectuées juste avant le travail)............				3,18	3,56	3,43
Surplus de consommation de O^2 afférent au travail (en litres)..				2,01	2,46	2,23

PHYSIOLOGIE. — *Le rôle des vitamines* B *et de l'équilibre alimentaire dans l'utilisation des protides*. Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. A. Desgrez.

L'influence des glucides sur l'évolution de l'avitaminose B totale ainsi que le rôle des vitamines B dans l'utilisation des glucides sont aujourd'hui bien connus; nous savons également que certains sucres, comme le lactose et le galactose, exigent, pour être normalement métabolisés, un équilibre entre les divers constituants de la ration, voisin de celui du lait, dans lequel l'action protectrice des lipides apparaît incontestable (1).

Par contre, l'influence des protides sur l'évolution de l'avitaminose B totale et le rôle joué par les vitamines B dans l'utilisation des protides restent discutés. Selon Mme Randoin et Simonnet, un entretien satisfaisant

(1) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1188.

et prolongé du pigeon peut être obtenu, en l'absence de vitamines B, quand le régime est uniquement constitué, dans sa partie énergétique, de protides et de lipides [1]. Mais les observations faites sur le rat par Hartwell et par Sherman et Gloy sont contradictoires, le premier affirmant et les seconds niant l'influence exercée par les protides sur les besoins de l'organisme en vitamines B [2]. Il nous a semblé, dans ces conditions, qu'il était intéressant de reprendre le problème, en s'adressant au pigeon, animal particulièrement sensible, et en tenant compte des notions nouvelles d'équilibre alimentaire que nous avons contribué à établir.

Expérimentation. — A cet effet, nous avons préparé quatre régimes différents : les deux premiers, renfermant 66 et 35 pour 100 de glucides (saccharose), dont l'équilibre alimentaire était, respectivement, comparable à celui des graines et du lait de vache [3]; les deux autres dérivant très simplement des premiers par substitution de protides (peptone de muscle) aux glucides, ce qui portait respectivement la proportion des protides à 82 et 59 pour 100.

	I.	II.	III.	IV.
Peptone	16	24	82	59
Graisse de beurre	4	8	4	8
Saindoux	0	18	0	18
Saccharose	66	35	0	0
Mélange salin d'Osborne et Mendel...	4	5	4	5
Agar-agar	8	8	8	8
Papier filtre	2	2	2	2

Pour être complets, ces régimes devaient comporter, par exemple, l'addition journalière de 1^g de levure de bière desséchée, laquelle apporte ainsi, en quantité largement satisfaisante, les vitamines B_1, B_2 et B_3 [4].

Quatre lots de pigeons adultes reçurent les quatre rations précédentes *sans levure*, par gavage, à la dose de 20^g par jour; et quatre lots reçurent les mêmes rations *addionnées de levure*.

Résultats. — En l'absence de levure, les divers régimes (carencés en vita-

(1) Mme L. RANDOIN et H. SIMONNET, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 700.

(2) G. A. HARTWELL, *Biochem. Journ.*, 16, 1922, p. 78 et 825; 18, 1924, p. 785; H. C. SHERMAN et O. H. M. GLOY, *Journ. of biol. Chem.*, 74, 1927, p. 117.

(3) Mme L. RANDOIN et R. LECOQ, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 444.

(4) R. LECOQ, *Journ. of biol. Chem.*, 91, 1931, p. 671.

mines B) ont provoqué, plus ou moins rapidement, la mort des pigeons, celle-ci s'accompagnant de crises polynévritiques d'acuité variable selon les sujets; toutefois, la survie a été manifestement plus longue chez les animaux recevant les rations dans lesquelles les protides remplaçaient en totalité les glucides.

L'adjonction préventive ou curative de poudre de levure de bière fut toujours suivie d'une amélioration; cependant, il semble que dans le régime III, se superposant à la carence, un déséquilibre alimentaire limitait la survie des sujets traités.

Les résultats essentiels peuvent d'ailleurs être résumés comme suit :

		Durée des survies.
Régime I	avec glucides, pauvre en lipides........	16 à 25 jours
Régime I *bis*	» » , *avec levure*.	au delà de 4 mois
Régime II	avec glucides, riche en lipides..........	20 à 30 jours
Régime II *bis*	» » , *avec levure*.	au delà de 4 mois
Régime III	sans glucides, pauvre en lipides.........	20 à 35 jours
Régime III *bis*	» » , *avec levure*.	40 à 90 jours
Régime IV	avec glucides, riche en lipides..........	60 à 90 jours
Régime IV *bis*	» » , *avec levure*.	au delà de 4 mois

Interprétation et conclusions. — 1° L'absence de glucides, pas plus que la présence de fortes proportions de lipides dans une ration, ne peut suffire à protéger le pigeon contre l'avitaminose B totale.

2° Toutefois, les accidents polynévritiques obtenus à l'aide de régimes privés de vitamines B surviennent moins rapidement en présence de protides (peptone de muscle) que de glucides (saccharose), ceux-ci étant remplacés poids pour poids par ceux-là.

3° Même en l'absence de glucides, l'adjonction de levure de bière, faite en temps utile et en quantité suffisante, permet de prévenir ou de guérir, pour un temps plus ou moins long, les crises polynévritiques dues à la carence totale des vitamines B.

4° Cependant, même en présence d'une large dose de vitamines B, l'utilisation des protides, de même que celle du lactose et du galactose, n'est obtenue, chez le pigeon, d'une façon tout à fait satisfaisante que si les constituants de la ration réalisent entre eux un équilibre alimentaire assez strict, voisin notamment de celui du lait de vache.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Inhibition de la fermentation lactique bactérienne par les acides aliphatiques halogénés en α.* Note de MM. **L. Genevois** et **Tamara Nicolaieff**, présentée par M. M. Molliard.

De même que la fermentation alcoolique des levures [1] et la fermentation lactique des tissus animaux [2], la fermentation lactique bactérienne est inhibée spécifiquement par les acides aliphatiques, halogénés en α ; les acides monobromacétique, et monoiodacétique ont l'action la plus énergique ; les acides en C^3, C^5, C^7, bromés en α sont de moins en moins actifs ; l'éther éthylique de l'acide bromacétique a sensiblement la même action que l'acide lui-même et ses sels. Il s'agit ici, exactement comme pour les levures, d'une inhibition spécifique de la fermentation ; pour des concentrations convenables, par exemple N/2000 d'acide bromacétique ou de bromacétate d'éthyle, N/100 d'acide bromopropionique α, l'inhibition de la fermentation est complète en l'espace de quelques minutes, alors que la respiration ne varie pas sensiblement par rapport aux témoins pendant plusieurs heures.

Nous avons essayé d'autre part d'inhiber le développement des bactéries en milieu aérobie et anaérobie par les corps considérés; il est apparu, dans ces conditions, que l'inhibition du développement était fonction de la quantité de phosphate présente dans le milieu. Dans un milieu pauvre en phosphate (culture sur lactose, eau de levure et CO^3Ca), l'inhibition du développement est totale pour une concentration en bromacétate de N/1000 ; dans le même milieu où le CO^3Ca est remplacé par une solution N/10 de PO^4Na^2H, l'inhibition n'est totale qu'en présence d'acide bromacétique à N/100; à N/1000 l'acidité développée est du même ordre que les témoins sans acide bromacétique. Cet effet des phosphates s'explique aisément si l'on admet que l'action de l'acide bromacétique consiste essentiellement à inhiber l'éthérification par les phosphates qui est le premier stade de la fermentation cellulaire, alcoolique ou lactique. Ce phénomène n'apparaît pas chez

---

(1) E. Lundsgaard, *Biochemische Zeitschrift*, **217**, 1930, p. 162; **220**, 1930, p. 1; Genevois et Cayrol, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1494; Cayrol, *Comptes rendus*, **193**, 1931. p. 446.

(2) H. K. Barrenscheen, *Biochemische Zeitschrift*, **231**, 1930, p. 144; **232**, 1930, p. 165.

la levure où, comme l'on sait, les phosphates en solution n'influent pas sur la vitesse de fermentation des cellules vivantes.

Cette propriété de l'acide bromacétique peut être appliquée à la conservation du lait : une addition de cet acide rendant le lait N/2000 en dérivé bromé permet de conserver le lait à 28° pendant 48 heures sans variation notable d'acidité, alors que les témoins caillent en 24 heures. Si les dérivés bromés, employés quotidiennement, ont une action sédative sur l'organisme, un mélange en proportion convenable d'acide bromacétique et d'acide iodacétique (1 mol. d'acide iodacétique pour 50 d'acide bromacétique par exemple) est sans danger pour l'organisme. De pareils mélanges, où la concentration totale en acide halogéné était de N/500, se sont montrés sans inconvénients dans l'alimentation quotidienne de rats blancs adultes ou en voie de croissance dans des expériences qui ont duré six mois.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Spécificité et structure chimique.* Note de M. **H. Bierry**, présentée par M. M. Molliard.

Les protides du plasma sanguin des divers animaux renferment un groupement prosthétique (sucre protéidique) comme constituant moléculaire. La copule glucidique peut être mise en évidence par clivage des albumines, soit par les acides, soit par les alcalis dilués. Le clivage par les acides conduit directement à la mise en liberté des sucres constituants, le clivage par les alcalis à l'obtention de polyholoside, non réducteur, qui donne des hexoses par hydrolyse acide.

Ce fait soulève plusieurs problèmes d'ordre chimique et biologique. Tout d'abord ce complexe glucidique n'est pas un constituant universel de la matière albuminoïde, il est particulier aux protéides (albumines, globulines) du plasma sanguin. Il diffère, par sa structure, des complexes renfermés dans la mucine, dans les albumines de l'œuf, ainsi qu'il résulte de recherches récentes.

Dès 1920, j'ai montré qu'on pouvait associer à la présence de ce complexe un caractère biochimique. Par suite, j'ai été amené à envisager une structure différente des albumines plasmatiques des diverses espèces et même des divers individus.

Ces recherches, à cause des difficultés qu'elles présentent, ont été limitées jusqu'ici à quelques Mammifères, Vertébrés inférieurs ou Invertébrés. Chez les animaux supérieurs, le sucre protéidique varie en quantité

avec les espèces et les individus. Ainsi les albumines hématiques du cheval sont plus riches en sucre protéidique que celles du chien. On obtient, par traitement méthodique des protides plasmatiques de cheval, un polyholoside non réducteur. Ce polyholoside, par clivage ménagé ou fort, donne naissance à des glucides réducteurs. Au stade terminal, deux hexoses : *d*-mannose et *d*-galactose, et un aminohexose : *d*-glucosamine sont libérés. La *d*-glucosamine se trouve en assez forte proportion; elle présente (exprimée en glucose) environ le tiers du pouvoir réducteur total. A un certain stade d'hydrolyse tout au moins (albumines du cheval, du chien, de l'homme), on peut, en outre, isoler en petite quantité un autre glucide. Un polyholoside, générateur de mannose et de galactose, peut être également retiré, comme je l'ai déjà indiqué, des protéides du plasma (artériel ou veineux) de chien. J'ai repris l'étude du sucre protéidique chez le chien. Deux séries d'expériences ont été réalisées :

1° Hydrolyse directe des protides isolés du plasma artériel (12 expériences), les protides de chaque chien étant traités sépérément;

2° Obtention, puis hydrolyse du polyholoside (4 expériences). Il ressort de ces recherches que la *d*-glucosamine, se trouvant parfois en quantité très faible dans les protides de certains individus, peut échapper à l'analyse; en général, le pouvoir réducteur dû à l'aminohexose représente le cinquième euviron du pouvoir réducteur total. Le taux du mannose est aussi beaucoup moins élevé dans les protéides du chien (1/5e du sucre total) que dans les protéides du cheval.

En rapprochant ces résultats de ceux, déjà signalés, avec F. Rathery et Mlle Lévina, touchant les albumines hématiques de l'homme, on voit que, chez les êtres supérieurs, on ne peut guère envisager que des rapports différents entre les oses constituants. Toutefois, comme il résulte déjà de recherches en cours, on peut penser à des structures glucidiques, tout à fait différentes, dans les albumines plasmatiques de quelques animaux inférieurs.

La question est d'ordre beaucoup plus général. En effet Heidelberger et Avery ont réussi à mettre en évidence, chez divers microbes pathogènes (bacille de Friedlander, bacilles du groupe typhique-paratyphique, bactérie charbonneuse, etc.), des polyholosides à structure relativement simple. Beaucoup renferment de l'azote, probablement le groupement aminé d'un aminohexose. La présence de mannose a été signalée, d'autre part, dans le corps du bacille de la tuberculose (R. Anderson et A. Renfrew).

A partir de diverses races de pneumocoques, Heidelberger et Avery ont

obtenu une albumine commune à ces races différentes et plusieurs polyholosides spéciaux respectivement caractéristiques de chacune d'elles. De sorte que l'antigène serait constitué par un complexe formé par l'union d'une protéine commune et de copules glucidiques diverses commandant la spécificité de race. Enfin, Goebel et Avery sont parvenus à préparer, par combinaison de glucides avec des protéines, des antigènes synthétiques donnant des anticorps étroitement spécifiques.

L'identification à des polyholosides définis de certains antigènes spécifiques laisse entrevoir le rôle considérable joué par les glucides dans les caractères de spécificité attribués non seulement aux albumines des animaux, mais aux protéines des microorganismes les plus divers.

PROTISTOLOGIE. — Litharchæocystis costata *nov. gen. nov. spec.*, *Chrysophycée marine fossile. Remarques sur les Chrysostomatacées.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

L'identification des Protistes fossiles est généralement ardue, surtout lorsque leurs restes (siliceux ou calcaires) n'ont pas de points communs avec des formes actuelles bien connues. La longue incertitude qui a régné sur les Coccolithes est de ce fait un exemple frappant.

Litharchæocystis, que nous avons découvert dans le dépôt fossile marin à Diatomées de Kusnetzk (Russie), présente par contre un caractère qui permet de le considérer avec le minimum d'incertitude, comme un kyste de Chrysophycée, probablement de Chrysomonadine. La silice qui forme ce kyste (*fig.* 1, 2) paraît avoir une double constitution : une loge de forme assez régulière semble recouverte d'une couche secondaire constituant l'ornementation : côtes, épines du col, processus de l'appendice caudal.

La loge, sorte de poche ellipsoïdale, à double contour en coupe optique médiane, se prolonge à l'avant en un col très épaissi, dont la structure interne révèle précisément les affinités de *Litharchæocystis*. On y remarque en effet le logement d'un bouchon siliceux, d'ailleurs disparu, lequel dans l'état actuel de nos connaissances est caractéristique des kystes endogènes de Chrysomonadines et de Chrysophycées en général. On sait que ces kystes se forment au sein même du protoplasme. Les parties de ce dernier extérieures au kyste migrent à l'intérieur de celui-ci en passant par une étroite ouverture. Celle-ci est fermée ensuite par le bouchon siliceux, sécrété intérieurement.

L'ornementation de *Litharchæocystis costata* nous paraît avoir été sécrétée secondairement, comme cela doit être le cas sans doute pour les autres kystes de Chrysophycées. Elle recouvre la loge ellipsoïdale en formant des côtes longitudinales, reliées entre elles par des champs arrondis. Vers l'avant, la partie épaissie de la loge est prolongée par des épines divergentes, arquées, tandis qu'à l'arrière les côtes se réunissent vers une sorte d'appendice caudal épais, irrégulier, formé de processus un peu divergents. L'état de corrosion des kystes étudiés ne permet guère d'être très fixé sur

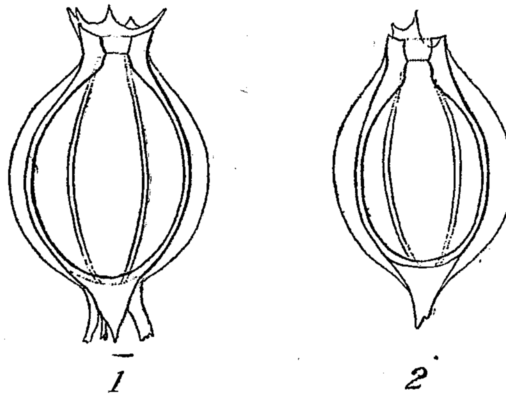


Fig. 1 et 2. — *Litharchæocystis costata*, Chrysophycée marine fossile. Grossissement : 1300.

la conformation de cette partie postérieure dont le développement a pu être plus poussé que nous ne le voyons. L'ensemble de l'organisme mesure de 31 à 34$^{\mu}$ de long sur 18 à 20$^{\mu}$ de large.

Si la structure que nous venons de décrire permet par simple comparaison de classer facilement *Litharchæocystis* parmi les Chrysophycées, il est par contre plus difficile de rapprocher notre organisme d'un genre déjà existant, car, en fait, il ne ressemble vraiment à aucun des kystes que nous connaissons.

Il est bon de faire remarquer, d'ailleurs, qu'on ne saurait encore distinguer avec certitude certains kystes de *Chromulina* ou d'*Ochromonas* d'avec des kystes de *Mallomonas* ou même de *Rhizochrysis*, de *Thallochrysis* ou de *Celloniella*. C'est dire que des kystes d'espèces appartenant à des classes différentes de Chrysophycées, telles que *Chrysomonadinæ*, *Rhizochrysidinæ*, *Chrysocapsineæ* ou *Chrysotrichinæ*, peuvent être confondus. Cependant, étant donné l'habitat de *Litharchæocystis*, dans un dépôt fossile où abondent des microorganismes pélagiques, nous serions assez enclin à le

considérer comme le kyste d'une Chrysomonade dont l'état végétatif serait un stade flagellé inconnu.

Il y aurait sans aucun doute intérêt à réunir, pour un classement d'attente, tous les kystes de Chrysophycées dont le cycle évolutif complet est inconnu, dans un groupe tel que les Chrysostomatacées de R. Chodat. Ce serait évidemment donner à ce groupe une signification quelque peu différente de celle originelle qui en faisait plutôt un ordre comme les *Chrysosphærales*. Au point de vue pratique, cette manière de faire aurait l'avantage de rassembler un bon nombre d'organismes mal connus, bâtis sur un type morphologique constant : loge siliceuse arrondie munie d'un pore avec ou sans bouchon obturateur.

Il y aurait lieu de laisser ce groupe des Chrysostomatacées en dehors des cinq classes de Chrysophycées. Ces Chrysostomatacées, *Chrysosphyceæ incertæ sedis*, recevraient, outre la plupart des genres que R. Chodat y avait placés en 1921 (*Chrysostum*, *Phæocitrus*, *Clathrostomum*, *Chrysastrella*), le genre *Carnegia* de Pantocsek 1912 (ex *Diatomaceæ*) et les genres *Outesia* et *Clericia* de Frenguelli (1925). Considérés tout d'abord par ce dernier auteur comme voisins des Thécamœbiens, les deux genres *Outesia* et *Clericia* ont été par lui-même, postérieurement (1929) reclassés dans le genre *Trachelomonas* (Eugléniens) avec lequel ces organismes siliceux n'ont cependant rien à voir.

Les raisons d'habitat invoquées plus haut ne nous paraissent pas suffisantes pour placer avec sûreté *Litharchæocystis* parmi les *Chrysomonadineæ*, nous en ferons également une Chrysostomatacée.

Les seules Chrysophycées connues actuellement à l'état fossile sont les *Silicoflagellatæ* et les *Coccolithophoreæ*. Avec *Litharchæocystis*, qui n'appartient ni à l'un ni à l'autre de ces deux groupes, nous décrivons le premier kyste fossile de Chrysophycée marine.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Pénétration du virus syphilitique dans les néoplasmes spontanés et le lymphadénome, chez la souris.* Note de MM. **C. Levaditi** et **N. Constantinesco**, présentée par M. Roux.

Nous avons montré [1] que, lorsqu'on greffe à des souris blanches, préalablement contaminées par le virus syphilitique (souche Truffi), des

[1] Levaditi et N. Constantinesco, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 662.

tumeurs (épitheliome ou sarcome), ces tumeurs deviennent susceptibles de conférer un chancre syphilitique au lapin. Le virus de la syphilis pénètre dans le néoplasme et s'y conserve pendant au moins 21 jours. Malgré un examen attentif et l'utilisation des meilleures méthodes d'imprégnation argentique (Dieterle), il nous a été impossible de déceler des tréponèmes dans les néoplasmes virulents. Le virus syphilitique semble y être présent sous sa forme infravisible ([1]).

Une nouvelle expérience nous a permis d'établir que les résultats sont les mêmes lorsqu'on se sert, comme greffe, d'un lymphadénome [mis à notre disposition par M. Mercier ([2])].

Expérience I. — *Souris* 310. — Inoculation de syphilis le 18 décembre 1931. Greffe de lymphadénome le 8 janvier 1932, soit 21 jours après la contamination syphilitique. La tumeur se développe normalement. L'animal est sacrifié le 10 février 1932, alors que le néoplasme était âgé de 33 jours. La tumeur est greffée, par voie sous-scrotale, à plusieurs lapins. Un de ceux-ci (551 R) offre, le 24 mars, un petit nodule scrotal, de consistance dure, d'aspect syphilomateux et contenant des tréponèmes. Les ganglions et la rate d'autres souris blanches, inoculées de syphilis en même temps que la souris 310, se montrent virulents pour le lapin.

Cette expérience prouve *que, lorsqu'on greffe le lymphadénome à des souris syphilisées, le virus syphilitique envahit le néoplasme et s'y conserve au moins pendant* 33 *jours*.

Il était intéressant de préciser si la même contamination tumorale s'effectue chez les animaux porteurs de *néoplasmes spontanés*. Afin de résoudre ce problème, nous avons inoculé le virus Truffi à des souris blanches, chez lesquelles des tumeurs spontanées étaient apparues quelque temps auparavant. Voici nos résultats :

Expérience II. — *Souris* 196. — Tumeur dans la région claviculaire, du volume d'une noisette. Inoculation de syphilis le 7 janvier 1932. L'animal est sacrifié le 27 janvier, soit 20 jours après l'infection syphilitique. La tumeur (epitheliome type acinique) est greffée, par voie sous-scrotale, aux lapins 403 et 408 R. Les deux animaux montrent, le 4 et le 14 mars, un petit nodule syphilomateux sous-scrotal contenant des tréponèmes.

Expérience III. — *Souris* 198. — Tumeur de la région inguinale gauche, du volume d'une noisette. Inoculation de syphilis le 7 janvier 1932. L'animal est sacrifié le 27 janvier, soit 20 jours après l'infection syphilitique. La tumeur (epitheliome type acino-alvéolaire) est greffée, par voie sous-scrotale, aux lapins 409 et 412 R. Les deux animaux

([1]) Levaditi, Sanchis-Bayarri et Schoen, *Annales Inst. Pasteur*, 42, 1928, p. 475.

([2]) Cf. Mercier, *C. R. Soc. de Biologie*, 108, 1931, p. 764.

présentent, le 3 et le 7 mars, un petit nodule sous-scrotal contenant des Spirochètes. La rate et les ganglions lymphatiques de la souris syphilisée 196 se sont montrés également virulents pour le lapin.

Conclusions. — 1° *Chez les souris blanches, préalablement contaminées par le virus syphilitique (souche Truffi), puis greffées avec une tumeur du type lymphadédome, le néoplasme devient apte à conférer la syphilis au lapin. Le virus syphilitique envahit la tumeur et s'y conserve pendant au moins 33 jours;*

2° *Il en est de même lorsque l'animal est porteur de tumeurs spontanées* (epitheliome type acinique et acino-alvéolaire). La tumeur âgée de 20 jours contenait à ce moment le virus syphilitique;

3° *Dans un cas comme dans l'autre, il nous a été impossible de déceler des tréponèmes dans le néoplasme. Il est donc probable que le virus syphilitique y végète sous une forme infra visible.*

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Action, sur le virus exanthématique des rats d'Athènes, du sérum de malades guéris du typhus exanthématique et de la fièvre boutonneuse.* Note de MM. **P. Lépine** et **J. Caminopetros**, présentée par M. E. Roux.

Nous avons montré, avec G. Pangalos ([1]), que le virus isolé par l'un de nous ([2]) dans l'encéphale des rats d'Athènes, virus qui présente, par l'inoculation au cobaye, la plus frappante analogie avec le typhus exanthématique (variété mexicaine), infecte également les puces des rats, et surtout *Xenopsylla cheopis*, la plus fréquemment rencontrée parmi les puces récoltées sur les rats d'Athènes et du Pirée. Il est extrêmement vraisemblable, d'autre part, que notre virus est le même que celui que Marcandier et Pirot ([3]) ont trouvé sur les rats capturés à bord des navires de guerre où s'observent depuis ces dernières années des cas de typhus exanthématique du type de la maladie de Brill. Ces constatations posent le problème des rapports de notre souche avec le typhus exanthématique épidémique (forme mondiale), et de sa virulence pour l'homme. Nous nous proposons de traiter ces points dans des recherches qui seront rapportées prochainement.

([1]) P. Lépine, J. Caminopetros et G. Pangalos, *C. R. de la Soc. de Biol.*, 109, 1932, p. 710.

([2]) P. Lépine, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 401.

([3]) Marcandier et Pirot, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 399.

Nous n'avions pas considéré comme se posant le problème de l'identité de notre virus avec celui de la fièvre boutonneuse, qui en diffère *a priori*, pour l'existence d'un réservoir et d'un vecteur (tique *Ripicephalus sanguineus*) ainsi que par des caractères expérimentaux (inoculation au cobaye) de prime abord totalement différents. D'autre part les réactions d'immunité croisée sur le singe ont permis à Burnet, Durand et Olmer (1) de nettement séparer la fièvre boutonneuse du typhus exanthématique. Cette question est cependant soulevée par un travail récent de MM. L. Plazy, Germain et M. Plazy (2) où ces auteurs, relatant les heureux effets thérapeutiques de l'injection de sang total de convalescent, paraissant réunir la fièvre boutonneuse et le typhus exanthématique d'origine murine sous l'appellation unique de fièvre exanthématique, ce que légitimeraient d'après ces auteurs les résultats obtenus.

C'est pourquoi nous ne croyons pas inutile de rapporter, dès à présent, nos essais expérimentaux pratiqués en faisant agir, sur notre virus d'origine murine, le sérum de sujets ayant été atteints soit de typhus exanthématique, soit de fièvre boutonneuse.

Nous avons d'abord essayé le sérum d'individus ayant eu anciennement le typhus exanthématique (forme épidémique).

Expérience I. — Le 19 janvier 1932 on prépare une émulsion virulente du cerveau du cobaye 7B (troisième passage de notre souche murine A) sacrifié 15 jours après l'inoculation, le septième jour de la fièvre. Neutralisation : 1 volume d'émulsion cérébrale mélangé à 3 volumes de sérum essayé est placé à l'étuve à 37° pendant 30 minutes, puis injecté à l'animal, par voie intrapéritonéale, à raison de 2^{cm^3} par animal.

Les sérums essayés sont : pour les témoins un sérum normal de sujet n'ayant jamais eu le typhus, récemment arrivé en Grèce; pour les traités : un mélange du sérum de 4 sujets ayant eu le typhus exanthématique (forme épidémique). Résultats : 1° témoins : 3 cobayes sont inoculés. Le 39B (♂) présente le septième jour une élévation de température (40°,5) avec réaction scrotale typique. Le 38B (♀) réagit de même par une période fébrile typique du neuvième au treizième jour. Le 37B (♀) présente le neuvième jour un crochet thermique à 40°; éprouvé le 23 février 1932, il se montre immun et ne réagit pas; 2° traités : 3 cobayes. Le 41B (♂) ne réagit pas pendant la durée de 25 jours d'observation; éprouvé le 23 février, il présente à partir du huitième jour une réaction typique. Le 42B meurt le lendemain de l'injection. Le 40B (♂) garde une température normale pendant 25 jours d'observation; cependant, éprouvé le 23 février, il se montre immun et ne réagit pas.

---

(1) E. Burnet, P. Durand et D. Olmer, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 1170.

(2) L. Plazy, Germain et M. Plazy, *Bull. de l'Acad. de Méd.*, 107, 1932, p. 205.

Nous avons répété l'expérience dans des conditions un peu différentes, en utilisant cette fois le sérum de sujets ayant été atteints de typhus (forme endémique) depuis moins d'un an.

Expérience II. — Le 21 janvier 1932, on sacrifie le cobaye (♂) 31 B, inoculé le 13 janvier (4e passage de notre souche A), qui présente depuis la veille une température élevée avec grosse réaction testiculaire (présence de rickettsias sur frottis). Des fragments de vaginale, broyés au mortier, servent d'émulsion virulente. Celle-ci est neutralisée pendant 30 minutes à 37° avec un volume égal de sérum (sérum normal pour les témoins; pour les traités, sérum mélangé de deux sujets ayant présenté il y a quelques mois un typhus bénin). Les animaux sont inoculés par voie intrapéritonéale à la dose de 2^{cm^3} par animal. Ils reçoivent, en outre les trois jours suivants 1^{cm^3} de sérum par voie sous-cutanée. Résultats : Témoin 1 cobaye, 46 B (♀) réagit typiquement le 11e jour; éprouvé le 23 février, il se montre immun. Traités : deux cobayes. Le 47 B (♂) présente le 13e jour un crochet à 40°, sans autre réaction; éprouvé le 23 février, il se montre immun. Le 48 B (♂) ne réagit pas pendant 25 jours d'observation; éprouvé le 23 février, il présente du 9e au 16e jour une réaction thermique typique.

En résumé, alors que le sérum normal se montre dépourvu d'action protectrice, le sérum d'individus ayant eu le typhus exanthématique (forme épidémique et forme endémique) protège dans la moitié des cas le cobaye qui reste sensible à une réinoculation ultérieure, et dans l'autre moitié des cas réduit l'inoculation expérimentale, particulièrement sévère, à une infection inapparente mais vaccinante.

Nous avons ensuite essayé le pouvoir du sérum de sujets ayant été soumis dans les mois précédents à une inoculation de fièvre boutonneuse expérimentale.

Expérience III. — Le 8 février 1932, on prépare une émulsion cérébrale virulente (du cobaye 57 B, 6e passage de notre souche A). Celle-ci est additionnée d'un volume égal de sérum, laissée à 37° pendant 30 minutes, puis inoculée à la dose de 1^{cm^3} par voie intrapéritonéale aux animaux. Le sérum thérapeutique employé est un mélange des sérums de 3 malades soumis à la pyrétothérapie par inoculation expérimentale de fièvre boutonneuse (observations nos 177, 188 et 320), qui ont présenté respectivement les 9 mai et 23 juin 1831 une réaction fébrile typique et intense à la suite de leur inoculation (exanthème typique, passage positif du sang). Les trois sérums ont été recueillis le 7 novembre 1931, soit au bout de 182, 179 et 137 jours. (Résultats : témoin (sérum normal) cobaye C.837, réaction typique le 8e jour. Traités : 3 cobayes, qui ont reçu, en outre pendant les 4 jours suivant l'inoculation, 2^{cm^3} de sérum sous-cutané. Les cobayes mâles nos C. 836, 835, 839 présentent tous, le même jour que le témoin, une réaction typique et intense (température, réaction scrotale) qui persiste jusque vers le 14e jour.

Le sérum des malades guéris de fièvre boutonneuse n'a donc exercé aucune action protectrice.

Conclusion. — 1° Il existe dans le sérum des individus ayant été atteints de typhus exanthématique un principe neutralisant le virus exanthématique isolé du cerveau des rats d'Athènes.

2° Ce même principe manque totalement dans le sérum humain normal, de même que dans le sérum d'individus ayant été atteints de fièvre boutonneuse.

CHIMIE PHYSIQUE PATHOLOGIQUE. — *Potassium et chronaxie dans la dégénérescence musculaire expérimentale.* Note [1] de MM. **A. Leulier**, **B. Pommé** et **A. Richard**, présentée par M. H. Vincent.

Le potassium est inégalement réparti dans les muscles normaux des animaux [2]; certaines affections musculaires s'accompagnaient d'un abaissement plus ou moins marqué du taux potassique dans les muscles de l'homme [3].

Nous avons essayé de reproduire expérimentalement les faits observés chez l'homme en provoquant chez l'animal (lapin de $1^{kg},500$ à 2^{kg}) une dégénérescence musculaire par section complète du nerf sciatique. Cette section a été faite au milieu de la cuisse en passant dans l'interstice séparant le vaste externe de l'adducteur de la cuisse. Les deux sciatiques furent toujours sectionnés en même temps pour éviter toute répercussion.

Nous avons, après des temps plus ou moins longs, dosé le potassium dans l'extenseur commun des orteils et le fléchisseur superficiel, par la microméthode de A. Leulier, Velluz et Griffon, après avoir déterminé leur chronaxie à l'aide de l'appareil Bourguignon Walter sur secteur alternatif. Les mesures ont été faites par la méthode monopolaire, l'électrode indifférente étant placée dans une oreille de l'animal.

---

(1) Séance du 4 avril 1932.

(2) A. Leulier, L. Velluz et H. Griffon, *Sur la répartition du potassium dans l'organisme animal* (*Comptes rendus*, 187, 1928, p. 957); A. Bernard, *Sur la répartition du potassium dans les muscles de quelques invertébrés* (*C. R. Soc. Biol.*, 108, 1931, p. 887).

(3) A. Leulier, B. Pommé et R. Delaye, *Sur la répartition du potassium dans le muscle sain ou pathologique* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 202).

Voici ce que nous avons noté :

A. — *Animaux normaux.*

	Potassium en grammes pour 1000g de tissu frais.	Chronaxie en σ.
Fléchisseur superficiel	5,06	0,12 à 0,20
	5,25	»
	5,27	»
	5,11	»
Extenseur commun des orteils	5,14	0,12 à 0,28
	4,95	»
	4,88	»
	4,80	»

B. — *Animaux dont les sciatiques sont sectionnés.*

Temps.		Potassium en grammes pour 1000g de tissu frais.	Chronaxie en σ.
Après 2 jours	Extenseur	4,45	2,40
	Fléchisseur	5,18	1,80
8 jours	Extenseur	4,25	4,80
	Fléchisseur	3,81	4,80
14 jours	Extenseur	3,71	5,20
	Fléchisseur	4,23	4
15 jours	Extenseur	3,82	5,20
	Fléchisseur	3,30	6
22 jours	Extenseur	3,55	4,80
	Fléchisseur	3,59	4,80
	Extenseur	3,82	4,80
	Fléchisseur	3,40	4,80
28 jours	Extenseur	2,98	5,60
	Fléchisseur	3,04	6
42 jours	Extenseur	3,19	4,80
	Fléchisseur	3,18	5,20
54 jours	Extenseur	3,37	6
	Fléchisseur	2,96	6,20

Ces résultats montrent que l'élévation de la chronaxie s'accompagne

d'une baisse notable du potassium. Lorsque le taux de ce métal arrive aux environs de 3 pour 1000 de tissu frais, la chronaxie oscille entre 5 et 6. Cette dernière s'accroît plus rapidement que la baisse du potassium; mais, en règle générale, les chronaxies sont d'autant plus élevées que le muscle est moins riche en métal alcalin.

Sans doute il n'est pas possible d'établir une relation de cause à effet entre ces deux ordres de faits, mais nous justifions l'opinion de Bourguignon qui a écrit (¹) qu'il existe à coup sûr dans les éléments musculaires et nerveux des différences de constitution chimique et physico-chimique qui, naguère, n'étaient décelables que par les différences de chronaxie.

Sans insister sur la relation de cause à effet, il nous semble permis, toutefois, d'attirer l'attention sur ce que nous appelons une coïncidence remarquable.

Nous démontrons que les différences observées entre le muscle normal et le muscle en voie de dégénérescence sont accessibles désormais à la chimie et que le retour histologique de la fibre striée vers la structure de la fibre lisse s'accompagne d'un trouble dans la composition chimique normale qui tend à rapprocher sa teneur en potassium de celle des muscles lisses.

La séance est levée à 15^h50^m.

E. P.

(¹) G. Bourguignon, *Paralysie grave généralisée avec signes bulbaires et médullaires, consécutive à une injection de sérum antitétanique purifié* (*Revue neurologique*, 1931, 1, p. 345).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MARS 1932.

Sur quelques Algues phéosporées de la rade de Villefranche, par CAMILLE SAUVAGEAU. Extrait du *Bulletin de la Station biologique d'Arcachon*, Tome 28. Bordeaux, Imprimerie de l'Argonne, 1931; 1 fasc. 24^{cm}.

Le Pléthysmothalle, par CAMILLE SAUVAGEAU. Extrait du *Bulletin de la Station biologique d'Arcachon*, Tome 29. Bordeaux, Imprimerie Cadoret, 1932; 1 fasc. 24^{cm}.

Exposition coloniale internationale. Paris, 1931. Indochine française. Section des sciences. *Service météorologique. Atlas*, publié sous la direction de E. BRUZON. Hanoï, Service géographique de l'Indochine, 1930; 1 vol. 36^{cm},5.

Étude de l'adrénaline des surrénales, par MARCEL-VICTOR PAGET. In *Mémoires et Travaux*, publiés par des professeurs des Facultés catholiques de Lille, fasc. XXXVI. Lille, Facultés catholiques, 1931; 1 vol. 24^{cm}.

Atlas du spectre d'arc du fer, par MM. ROBERT BOSSUET et PIERRE MONTAGNE. Laboratoire de M. Pierre Jolibois. 11 planches 45^{cm} × 21^{cm},5. (Présenté par M. A. Cotton.)

Les Mollusques, par AUG. LAMEERE. In *Précis de Zoologie*, Tome III, fasc. 1. Bruxelles, H. Cauwenberg, 1932; 1 vol. 26^{cm}.

Œuvres complètes d'Augustin Cauchy publiées sous la direction scientifique de l'Académie des sciences et sous les auspices de M. le Ministre de l'Instruction publique. IIe série, Tome XIII. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1932; 1 vol. 28^{cm}.

(*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 1er février 1932.)

Note de Mlle *Suzanne Veil*, Action du champ électrique sur la gélatine. Effet de la présence d'un indicateur :

Page 455, dernière ligne, *au lieu de* dépression cathodique, *lire* dépression anodique.

(Séance du 14 mars 1932.)

Note de M. *P. Reiss*, Sur l'intervention d'équilibres d'oxydation-réduction dans la perméabilité d'une membrane :

Page 971, ligne 21, *au lieu de* hyposulfite, *lire* hydrosulfite.

Note de Mlle *D. Biquard*, Sur la préparation des cyanhydrines de formule $C^6H^5.(CH^2)^n.CHOH.CN$, $C^6H^5.(CH^2)^n.CH(CH^3).CHOH.CN$ et des acides-alcools α correspondants :

Page 983, ligne 22, *au lieu de*

$$C^6H^5.(CH^2)^n.CHOH.SO^5Na + CNH \rightarrow C^6H^5.(CH^2)^n.CHOH.CN + SO^3NaK,$$

lire

$$C^6H^5.(CH^2)^n.CHOH.SO^3Na + CNK \rightarrow C^6H^5(CH^2)^n.CHOH.CN + SO^3NaK.$$

(Séance du 21 mars 1932.)

Note de M. *H. Deslandres*, Relations simples du spectre moléculaire avec la structure de la molécule :

Page 1034, ligne 21, *au lieu de* deux anneaux de l'atome N_2, *lire* deux anneaux de l'atome N; note (1) du bas de la page, ligne 2, *au lieu de* $d_2/9$, *lire* $d_1/9$.

Page 1035, ligne 3, *au lieu de* les nombres entiers, *lire* les nombres entiers *n*.

Page 1036, dernière ligne, *au lieu de* se porte sur H_2, *lire* se porte sur H^+.

Page 1037, ligne 12 du Tableau VI, *au lieu de* 2 anneaux de $(FH)_5$, *lire* 2 anneaux de $(FH)_4$; ligne 13 du Tableau VI, *au lieu de* 2 anneaux de $(FH)_4$, *lire* 2 anneaux de $(FH)_5$; même ligne, *au lieu de* $41-(FH_4^-)$, *écrire* $41-(FH)_4^-$; note (1), ligne 1, *au lieu de* ROSETTI, *lire* RASETTI.

Note de MM. *E. Carrière* et *Raymond Lautré*, Sur le dosage du molybdène par le permanganate de potassium :

Page 1168, ligne 17, *au lieu de* M_0O^2, *lire* $M_0^2O^3$.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 AVRIL 1932.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Bohuslav Hostinsky**, professeur de l'Université de Brno, et à M. **Léon Lichtenstein**, professeur de l'Université de Leipzig, qui assistent à la séance.

GÉOLOGIE. — *Sur la formation des silex.* Note de M. **H. Douvillé**.

Cayeux ([1]) nous a fait voir que les silex de la craie étaient constitués par de la calcédoine crypto-cristalline, associée par places avec de la calcédonite fibreuse et avec du quartz dit secondaire. Cette cristallisation de la silice restait difficile à expliquer, les chimistes affirmant d'autre part la presque insolubilité du quartz dans l'eau à toutes températures.

On sait que, pour obtenir des corps à l'état cristallisé, il faut d'abord mettre leurs molécules en mouvement en les faisant passer par l'état liquide, soit par fusion, soit par dissolution; elles participent dans ce cas aux mouvements désordonnés des molécules liquides et, quand on les arrête soit par refroidissement, soit par évaporation du solvant, elles se déposent en se groupant régulièrement d'après leurs affinités, elles cristallisent. Dans les terrains sédimentaires on ne peut guère faire intervenir que l'eau comme solvant, et nous venons de voir que la silice y était à très peu près insoluble.

Mais est-il indispensable que le corps soit mis en solution pour cristal-

---

([1]) *Les roches sédimentaires de France : Roches siliceuses* (*Mém. de la Carte géologique détaillée de la France*, 1929).

liser? Les cristalloïdes seuls peuvent se trouver dans des solutions vraies, mais il existe d'autres corps qui diffusent mal et ne forment que des pseudo-solutions, ce sont les colloïdes; ils ont été dans ces derniers temps l'objet de nombreux travaux ([1]). Examinés à l'ultramicroscope, ils se montrent constitués par des particules très petites, des *micelles*, constamment agitées par un mouvement désordonné, le mouvement brownien; elles participent ainsi, dans les pseudo-solutions colloïdales, aux mouvements des molécules du solvant comme le faisaient les molécules des cristalloïdes. On sait qu'elles ont conservé leur individualité et leurs propriétés physiques; c'est ainsi que les micelles métalliques se comportent comme de véritables cristaux; il n'existe pas, du reste, de démarcation absolue entre les colloïdes et les cristalloïdes, un même corps pouvant se présenter dans l'un ou l'autre état suivant la nature du solvant.

Les pseudo-solutions de colloïdes se transforment facilement en gels; nous sommes habitués à voir la silice en cet état; elle se comporte alors comme un colloïde. Nous savons, du reste, d'après les travaux aujourd'hui classiques de Cayeux, que la silice des sédiments provient de corps organisés, spicules d'éponges, test de Radiolaires, frustules de Diatomées. Elle aurait ainsi pris naissance dans les cellules vivantes à l'état de très fines particules, de micelles, régulièrement groupées dans le milieu protoplasmique et présentant déjà en cet état leur dureté caractéristique.

Dès que ces organismes siliceux sont pris dans les sédiments, le protoplasme est décomposé et les micelles de silice sont mises en liberté; dans un liquide elles seraient agitées par les mouvements browniens; dans la vase boueuse du sédiment en voie de formation, elles doivent de même se mettre en mouvement. Nous en avons la preuve, car fréquemment nous voyons qu'elles ont abandonné les spicules d'éponges, où elles sont remplacées par de la calcite. Cédant à leurs attractions mutuelles, elles se réunissent pour former un gel et cette masse va se déplacer dans la vase molle à la manière des amibes. C'est ce gel qui, immobilisé plus tard par la consolidation du sédiment, prendra la forme cristalline et deviendra le silex. L'auteur de la conférence citée plus haut a déjà dit expressément que « la silice gélatineuse après un temps assez long prend peu à peu l'état cristallin ».

L'examen des sédiments nous montre que ce gel de silice a pu effectuer

---

([1]) Généralités sur les colloïdes; conférence faite par M[lle] Dinah Abrugam à la station de la Tour Eiffel, le 20 décembre 1930 (*Bulletin de l'Afas*, nouvelle série, 92, 1931, p. 313).

des déplacements très notables dans ce milieu fortement imprégné d'eau : J. de Lapparent nous l'a montré remplissant des coquilles de Foraminifères; un exemple plus frappant nous est fourni par ces moules de grands oursins silicifiés (*Echinocorys*, *Micraster*) que tous les géologues connaissent; le gel de silice se substituant à la boue crayeuse a rempli exactement toute la cavité du fossile, aussi complètement que s'il y avait été déposé par une main intelligente.

Nous avons vu, d'après les descriptions magistrales de Cayeux, que la silice se trouve dans les silex principalement à l'état de calcédoine; elle est crypto-cristalline quand elle se substitue au dépôt crayeux, mais quand le gel rencontre un espace vide, les micelles peuvent cristalliser plus librement et elles forment alors de la calcédonite fibreuse ou même des prismes de quartz. J'ai souvent montré à mes élèves une jolie petite géode de quartz dans une petite coquille de Rhynchonelle au milieu d'un moule siliceux d'*Echinocorys;* dans la craie de Fécamp ou des petites Dalles, il n'est pas rare de trouver à l'intérieur des silex des géodes tapissées de cristaux de quartz ou de calcédoine mamelonnée.

Les meulières présentent la même constitution que les silex du Crétacé; on sait qu'elles représentent le résidu de la dissolution d'un calcaire siliceux d'eau douce; Cayeux les a décrites et figurées. J'ai eu moi-même l'occasion d'étudier en détail les meulières de Beauce exploitées au-dessus des sables oligocènes, aux environ de Ville-d'Avray. Elles se présentent en lambeaux disloqués au milieu des argiles et des sables dits granitiques; l'épaisseur du dépôt dépasse rarement 2^m. Elles constituent quelquefois de véritables silex plus ou moins arrondis, rappelant par leur forme les silex de la craie. Exceptionnellement j'ai observé de véritables boules ayant $0^m,34$ et même $0^m,65$ de diamètre, entièrement isolées; elles montrent bien que le calcaire d'où elles proviennent devait avoir une assez grande épaisseur.

Dans ces silex la roche est jaunâtre et opaque; elle paraît finement grenue et les fossiles y sont abondants; ce sont principalement des Limnées et des graines de *Chara;* elle présente quelquefois la structure zonée rappelant celle que Cayeux a figurée dans certains silex crétacés (*loc. cit.*, *Pl. XXX*, *fig.* 119).

Ces silex avec leurs fossiles semblent bien s'être formés au sein des calcaires lacustres au moment de leur dépôt, lorsqu'ils étaient encore à l'état de vase molle, exactement comme se sont formés les silex de la craie, et par la circulation d'un gel de silice colloïdale, provenant ici comme l'a fait voir Cayeux de Diatomées ou de Characés.

Examinée au microscope, en plaque mince, la roche de ces silex présente de nombreuses petites géodes de formes irrégulières, dont les parois sont constituées par de la calcédonite mamelonnée; elle présente des couches concentriques d'une extrême finesse, de l'ordre du centième de millimètre; nous en avons compté plus d'une quarantaine sur une épaisseur de 1^{mm}; le plus souvent on distingue à la surface de ce dépôt concrétionné une mince couche de petits cristaux de quartz, que signalent les miroitements de leurs faces.

Il arrive souvent que le gel de silice a été immobilisé par la consolidation du dépôt, avant d'avoir pu former ces silex arrondis; il a constitué alors des lames irrégulières, rappelant jusqu'à un certain point les silex en lames du Crétacé; mais ici les lames sont plus nombreuses, elles s'anastomosent, s'enchevêtrent, isolant entre elles des noyaux du dépôt calcaire. Après dissolution de ceux-ci, il reste comme résidu la meulière caverneuse bien connue; mais ici encore nous retrouverons par places, les géodes de calcédonite, avec leur mince couche superficielle de petits cristaux de quartz.

Cayeux nous a fait voir que ces noyaux de calcaire ont pu être eux aussi silicifiés; c'est ainsi que se forment les meulières bréchoïdes, dans lesquelles les fragments isolés opaques de couleur claire sont entourés par de la calcédoine plus foncée translucide. Dans celle-ci on observe encore, comme d'habitude, les géodes de calcédonite et de cristaux de quartz. Ceux-ci sont particulièrement développés sur certains de ces échantillons, surmontant encore un mince dépôt de calcédonite rubanée, réduite quelquefois seulement à 3 ou 4 couches extrêmement fines. Les noyaux isolés présentent la même structure crypto-cristalline que la meulière habituelle, elle est seulement à éléments plus fins.

On voit que les propriétés de la silice colloïdale permettent de se rendre compte de la formation des silex et de la meulière; il n'est plus nécessaire d'avoir recours à la dissolution de la silice; elle a pris naissance dans les cellules vivantes à l'état de micelles; après la mort de celles-ci dans les sédiments, elle a formé des pseudo-solutions et gels qui ont circulé dans le dépôt encore mou, et qui plus tard, immobilisés par sa consolidation, ont pris la forme cristalline caractéristique du silex.

Il semble qu'il faut étendre aux dépôts boueux les mouvements que présentent les micelles dans les pseudo-solutions colloïdales. Ces considérations pourraient être généralisées et appliquées à d'autres corps que la silice, pouvant se trouver dans les dépôts à l'état de particules micellaires, et

notamment à la pyrite. Les dépôts sédimentaires auraient ainsi subi dès après leur formation une série de transformations particulières dues aux mouvements de ces éléments; ils auraient été ainsi le théâtre, dans cette première période, d'une sorte de vie minérale.

CHIMIE. — *Sur le phosphate d'urée.* Note [1] de MM. C. **Matignon**, **Dodé** et Mlle **Langlade**.

Nous avons soumis à une étude assez approfondie le phosphate d'urée $PO^4H^3CO(NH^2)^2$ [2] qui pourrait éventuellement constituer un nouvel engrais phosphoazoté (P^2O^5, 44,9 pour 100; N^2, 17,7 pour 100).

L'évaporation de la solution à la température ordinaire, combinée avec un amorçage convenable, permet d'obtenir d'énormes cristaux de phosphate dont les dimensions atteignent facilement 4 à 5^{cm}. Ces conditions ne correspondent pas à une opération industrielle.

On obtient facilement le sel en procédant de la façon suivante : on dissout 12 parties d'urée dans 15 parties d'eau; à la solution ainsi obtenue on ajoute, en agitant énergiquement, 21,4 parties d'acide phosphorique PO^4H^3 0,5 H^2O. Le phosphate se sépare sous la forme d'une poudre cristalline très fine, facile à essorer. La liqueur mère est additionnée de 5 parties d'eau, 12 parties d'urée et 21,4 parties d'acide; une nouvelle cristallisation se produit. A partir de ce moment on atteint un régime permanent; la préparation se continue en ajoutant à l'eau mère la petite quantité d'eau entraînée par les cristaux, puis ensuite 12 parties d'urée et 21,4 parties d'acide; on recommence les mêmes opérations après séparation du précipité.

La poudre cristalline ainsi obtenue se prêterait facilement à l'épandage. Elle n'est pas hygroscopique.

La masse spécifique, déterminée dans la benzine, a été trouvée égale à 1,764 à 10° et 1,759 à 21°. La densité apparente de la poudre tassée est voisine de l'unité; cette densité définit son coefficient d'encombrement.

Les solubilités dans l'eau, l'alcool méthylique et l'alcool éthylique à 95° ont été mesurés en opérant sur des solutions équilibrées par saturation progressive isotherme et par sursaturation.

---

(1) Séance du 11 avril 1932.

(2) Birnbaum, *Zeit. für. Chemie*, 5, 1869, p. 207.

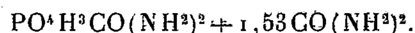
T.	Densité, solution.	Solub. dans 100 de solution.	Solub. dans 100 de dissol.	Mol. sel dans 100 mol. mélange.
	Solubilités dans l'eau.			
10°	1,18	41,4	70,7	7,45
13	1,20	44	78,6	8,21
18	1,24	47,9	91,9	9,48
24,5	1,26	52,4	110	11,14
32	1,29	57,5	135	13,35
46	1,32	66,9	202	18,71
	Solubilités dans l'alcool méthylique.			
10	0,925	25,5	34,2	6,48
13	0,93	27,4	38,1	7,10
18	0,94	30,2	43,3	8,06
24,5	0,98	34,6	52,9	9,68
32	1	40,9	59,5	12,29
46	1,07	52,9	112,3	18,52
	Solubilités dans l'alcool éthylique à 95°.			
10	0,83	8,3	9,0	–
13	0,835	9,1	10,0	–
18	0,85	10,4	11,6	–
24,5	0,85	13	14,9	–
32	0,86	16,6	19,9	–
46	0,91	28,1	39,0	–

Le phosphate d'urée est pratiquement insoluble dans le sulfure de carbone, le chloroforme, le benzène, l'acétone et l'éther.

Nous avons vainement cherché à obtenir d'autres combinaisons de l'acide phosphorique avec l'urée; il ne paraît exister aucun sel plus riche en acide phosphorique ou plus riche en urée que le phosphate connu.

La courbe d'équilibre entre phases liquide et solide dans le système phosphate d'urée et urée ne nous a pas manifesté davantage l'existence de combinaisons plus riches en urée (*fig.* 1) (1).

Le point de fusion du phosphate est 117°,5; celui de l'eutectique urée et phosphate se trouve à 72°. L'eutectique correspond au mélange



$$PO^4H^3CO(NH^2)^2 + 1,53\,CO(NH^2)^2.$$

(1) Dans cette courbe, les abscisses indiquent le nombre de molécules de phosphate contenues dans 100 mol. du mélange.

L'hydrolyse de l'urée en solution aqueuse est, comme on le sait, favorisée par la présence d'ions hydrogène. Aussi avons-nous étudié la stabilité de la solution du phosphate en fonction de la température et de la concentration.

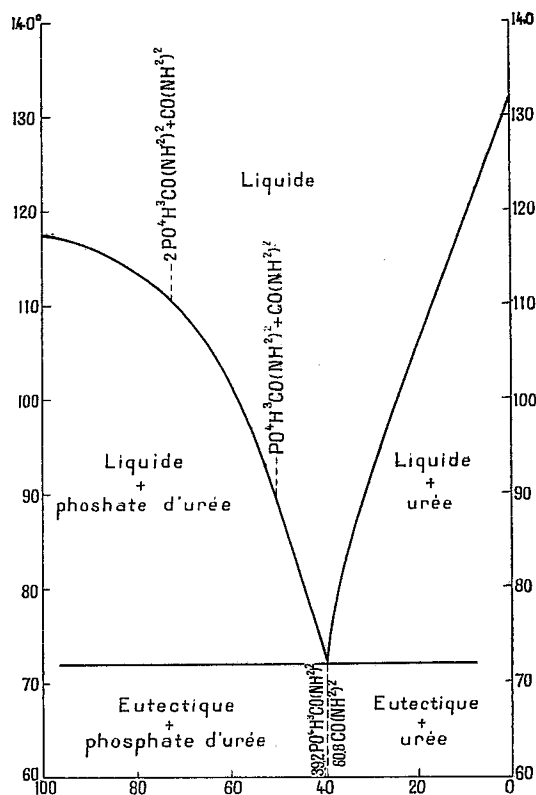
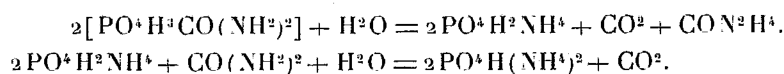


Fig. 1.

L'hydrolyse de la moitié de l'urée conduit au phosphate mono-ammonique, l'hydrolyse totale conduirait au phosphate diammonique :



$$2[PO^4H^3CO(NH^2)^2] + H^2O = 2PO^4H^2NH^4 + CO^2 + CON^2H^4.$$
$$2PO^4H^2NH^4 + CO(NH^2)^2 + H^2O = 2PO^4H(NH^4)^2 + CO^2.$$

Par de simples titrages alcalimétriques, il est facile de suivre aussi bien la première que la deuxième transformation.

A la température ordinaire deux solutions contenant l'une 3^g de sel pour 100 de solution et l'autre 50^g de sel pour le même poids de solution, n'éprouvent aucune modification deux mois après leur préparation.

A sa température d'ébullition (100-101°) une solution contenant 3^g de

sel pour 100 d'eau se décompose progressivement. Voici les fractions d'urée hydrolysées en fonction du temps :

Durées d'ébullition totales.	Durées d'ébullition successives.	Urée hydrolysée pour 100.
m	m	
0	0	0
30	30	8,25
65	35	17,20
95	30	25,7
125	30	32,75
155	30	39,8
185	30	45,25
215	30	51,9
248	33	53,85
278	33	55,6
428	150	60,3
$12^h,8$	5^h	61,7

Pendant les deux premières heures, la quantité d'urée décomposée varie

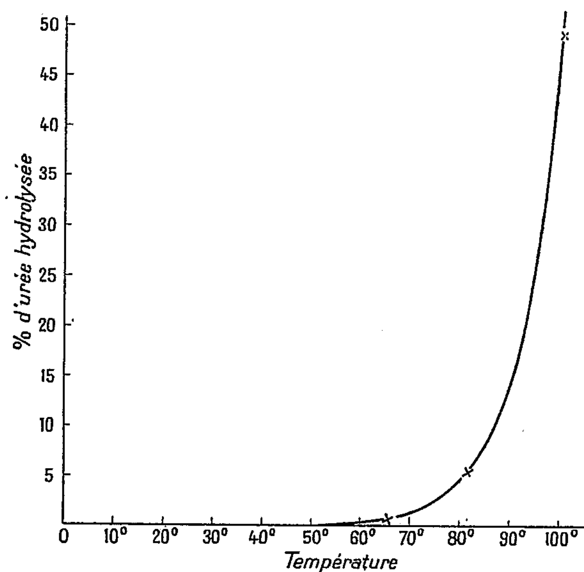


Fig. 2.

proportionnellement au temps. Après 3 heures et demie la moitié de l'urée est dissociée, l'acide phosphorique est neutralisé par 1^{mol} d'ammoniaque et à partir de cette neutralisation, la réaction est fortement ralentie.

Nous avons examiné également comment la température influe sur

l'hydrolyse de la même solution à 3 pour 100. Les courbes (*fig.* 2, 3 et 4) traduisent nos résultats.

La courbe (2) donne la quantité d'urée décomposée aux diverses températures après 3 heures et demie, la courbe (3) la même quantité après 17 heures et demie d'action; enfin la dernière courbe indique les temps nécessaires pour hydrolyser 25 pour 100 d'urée en fonction de la température.

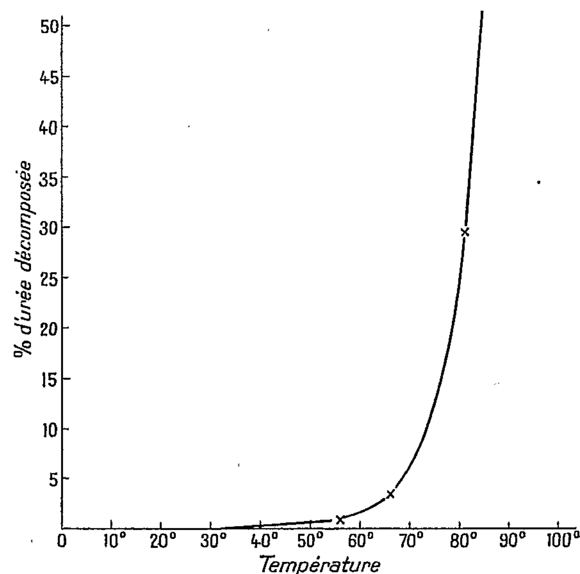


Fig. 3.

Pour obtenir l'influence de la concentration, on a répété les études d'hydrolyse avec une solution formée de poids égaux d'eau et de phosphate aux températures de 80 et 100°.

Voici les résultats obtenus après 3 heures et demie de chauffage :

	Pour 100 urée hydrol.
80°	3,3
100°	38,0

Dans les mêmes conditions, la solution à 3 pour 100 avait donné :

	Pour 100 urée hydrol.
80°	5,5
100°	49,25

La fraction hydrolysée pour une même température et dans le même temps, augmente donc avec la dilution de la solution.

La décomposition du sel d'urée sous la seule influence de la chaleur a été également étudiée à des températures variant de 100 à 500°. A 180°, par

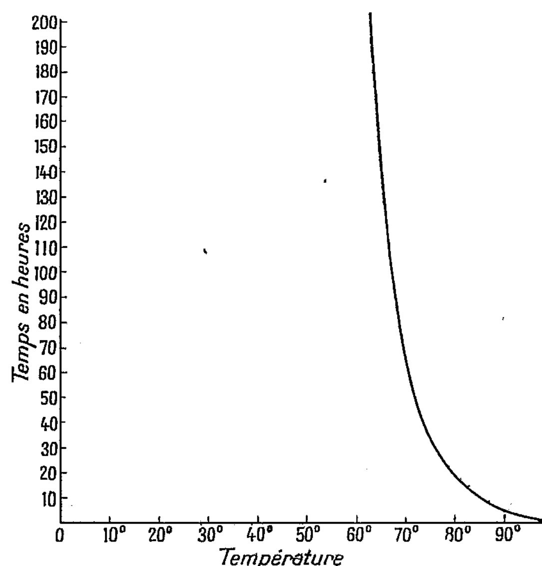


Fig. 4.

exemple, on a presque exclusivement du métaphosphate d'ammoniaque



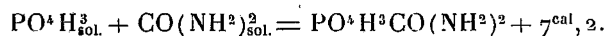
$$PO^4H^3CO(NH^2)^2 = PO^3NH^4 + CO^2 + NH^3.$$

A 500°, le métaphosphate est dissocié et la décomposition se traduit par l'équation



$$PO^4H^3CO(NH^2)^2 = PO^3H + CO^2 + 2NH^3.$$

La formation du sel à partir de ses deux constituants solides dégage $7^{cal},2$



$$PO^4H^3_{sol.} + CO(NH^2)^2_{sol.} = PO^4H^3CO(NH^2)^2 + 7^{cal},2.$$

On en déduit, pour la décomposition à 500°, une absorption de chaleur de $48^{cal},5$ (pour 158^g de sel), beaucoup plus élevée que celle qui correspond à la décomposition du carbonate de soude $30^{cal},6$ (pour 168^g de sel), corps qui intervient couramment dans la composition des mélanges extincteurs.

ÉLASTICITÉ. — *Sur le potentiel thermodynamique interne d'une ligne élastique à six paramètres.* Note (¹) de M. **Louis Roy**.

Nous avons considéré (²) le potentiel thermodynamique interne d'une ligne élastique, dont nous avons donné l'expression effective pour une ligne à quatre paramètres, transversalement homogène, dont chaque profil est un plan de symétrie de contexture. Nous nous proposons ici de former le potentiel thermodynamique d'une certaine ligne à six paramètres, dont chaque profil est encore un plan de symétrie de contexture, mais sans supposer l'homogénéité transversale. De l'expression de ce potentiel résultent immédiatement, comme nous le verrons, les formules fondamentales de la Résistance des matériaux.

Le trièdre trirectangle $Muvw$, dont l'origine M est un point quelconque de l'axe longitudinal M_1M_2 de la ligne à six paramètres que nous considérons est défini comme, il suit : dans l'état actuel déformé, le plan vMw est tangent en M au feuillet matériel qui, dans l'état primitif, coïncidait avec la section droite S de la ligne au point m homologue de M, et l'axe Mv est tangent en M à une fibre de ce feuillet. Dans l'état primitif, l'axe mu est ainsi tangent en m à l'axe longitudinal, comme dans le cas de la ligne à quatre paramètres; mais, dans l'état déformé, notre feuillet matériel, primitivement plan, s'est en général transformé en une surface gauche, à laquelle l'axe longitudinal n'est plus exactement normal en M. Il en résulte que, dans cet état, la tengente en M à cet axe fait avec la normale Mu au feuillet un certain angle, mais toujours très petit par suite de la petitesse des déformations élastiques de chaque tronçon de ligne.

Soient encore $\omega = \widehat{m_1 m}$ l'abscisse curviligne de M comptée sur l'axe longitudinal primitif, $(\xi, \eta, \zeta)\,d\omega$ et $(p, q, r)\,d\omega$ les composantes suivant $Muvw$ de la translation et de la rotation susceptibles d'amener le trièdre (M) sur le trièdre infiniment voisin (M'). Comme pour la ligne à quatre paramètres, on a encore

$$\xi_0 = 1, \qquad (\eta_0, \zeta_0) = 0, \qquad \xi = 1 + \partial,$$

l'indice zéro se rapportant à l'état primitif et ∂ désignant la dilatation en M

(¹) Séance du 11 avril 1932.

(²) L. Roy, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 569, 684 et 839; *Sur les équations générales des lignes élastiques et la propagation des ondes* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 3ᵉ série, 18, 1926, p. 117-195).

de l'axe longitudinal à partir de cet état; mais, dans l'état actuel déformé, η et ζ ne sont plus nuls et représentent les glissements en M relatifs aux axes $M\mathfrak{v}$ et $M\mathfrak{w}$.

Le potentiel interne de la ligne est donc de la forme

$$\mathcal{F} = \int f(\partial, \eta, \zeta; p - p_0, q - q_0, r - r_0; \theta, \omega)\, d\omega,$$

θ étant la température en M comptée à partir de l'état primitif, dont la température est supposée uniforme.

Le potentiel linéaire f s'obtient en procédant comme pour la ligne à quatre paramètres, c'est-à-dire en appliquant au feuillet $S\,d\omega$ l'expression du potentiel des milieux à trois dimensions. Il faut pour cela connaître les dilatations et glissements (∂_i, g_i) en un point quelconque du feuillet en fonction des six déformations $\partial, \eta, \ldots, r - r_0$ de la ligne et de θ. A cet effet, les formules de Kirchhoff généralisées fournissent ces expressions, mais où interviennent, en outre, trois fonctions $\mathfrak{U}$, $\mathfrak{V}$, $\mathfrak{W}$, qui représentent les composantes du déplacement élastique en un point $(\mathfrak{v}, \mathfrak{w})$ du profil, et qu'on détermine en appliquant au feuillet les équations de l'Élasticité. Deux de celles-ci conduisent aux trois conditions de Saint-Venant, qui permettent d'exprimer ∂_2, ∂_3, g_1 en fonction linéaire et homogène de

$$\partial_1 = \partial + (q - q_0)\mathfrak{w} - (r - r_0)\mathfrak{v}$$

et de θ; la troisième détermine g_2, g_3 par l'intermédiaire de la fonction $\mathfrak{U}$. Si l'on pose alors

$$\mathfrak{U} = \eta \mathfrak{N} + \zeta \mathfrak{Z} + (p - p_0)\mathfrak{T},$$

chacune des fonctions $\mathfrak{N}$, $\mathfrak{Z}$, $\mathfrak{T}$ devient indépendante des déformations de la ligne et se détermine séparément d'après la forme et la nature du profil S.

Comme en Résistance des matériaux, on est ensuite conduit à prendre pour axes $m\mathfrak{v}\mathfrak{w}$, laissés jusqu'ici arbitraires dans le profil S, les axes centraux d'inertie de ce profil supposé recouvert d'une couche de densité en chaque point proportionnelle au module de Young E. En faisant abstraction, dans l'expression de f, des termes qui ne dépendent que de la température, on obtient ainsi

$$(1) \qquad 2\frac{f}{S} = E'[\partial^2 + B^2(q - q_0)^2 + C^2(r - r_0)^2] + 2F'[\partial + \mathrm{w}(q - q_0) - \mathrm{v}(r - r_0)]\theta + \mathcal{A}\eta^2 + \mathcal{B}\zeta^2 + \mathcal{C}(p - p_0)^2 + 2\mathcal{D}\zeta(p - p_0) + 2\mathcal{E}(p - p_0)\eta + 2\mathcal{F}\eta\zeta,$$

E′ désignant la valeur moyenne de E dans le profil S, B et C deux longueurs qui, dans le cas de l'homogénéité transversale, représentent les rayons de giration géométriques de S par rapport aux axes mv et mw, F′ la valeur moyenne d'un certain coefficient d'élasticité F, v et w les coordonnées du centre de gravité de S supposé recouvert d'une couche de densité proportionnelle à F, enfin $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, ..., $\mathcal{F}$ des coefficients qui représentent les valeurs moyennes de fonctions dépendant de certains coefficients d'élasticité, de v, w et des dérivées $\partial(\mathfrak{N}, \mathfrak{J}, \mathfrak{T})/\partial(v, w)$.

Dans le cas particulier où chaque profil S est un plan d'isotropie, le coefficient d'élasticité transversale intervient seul dans les expressions de $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, ..., $\mathcal{F}$ et la deuxième ligne de (1) prend la forme

$$-2E'[D\,\partial + bB^2(q - q_0) + aC^2(r - r_0)]\theta,$$
$$D_1 = D + av + bw$$

désignant le coefficient de dilatation thermique longitudinale au point (v, w). Ce coefficient doit être, en effet, une fonction linéaire de v, w, d'après les relations de Saint-Venant, ainsi que l'a reconnu M. Th. Annycke (1).

Si la ligne est à quatre paramètres, les troisième et quatrième lignes de (1) se réduisent au terme $\mathcal{C}(p - p_0)^2$; si l'on suppose en outre l'homogénéité transversale, v et w sont nuls et l'expression (1) coïncide avec celle que nous avons antérieurement obtenue (2).

PLIS CACHETÉS.

Les héritiers de M. **André-Wilfrid Lenormand** demandent l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 22 avril 1919 et inscrit sous le n° 8645.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note sur le *Traitement du Cancer par association de l'*Autosérothérapie *et de la* Chimiothérapie.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

(1) Th. Annycke *Contribution à l'étude thermomécanique des tiges et des plaques* (Thèse, Gauthier-Villars éditeur; Paris, 1911, p. 29).

(2) L. Roy, *loc. cit.*, p. 179.

Sur une propriété nouvelle ou peu connue des radicelles de l'orge germée des brasseries. Note de M. **Joseph Boucher**, retirée, sur sa demande, en la séance du 8 décembre 1930 du pli cacheté n° 9948, déposé le 13 février 1928. (Extrait.)

La présente Note a pour but de consigner les premiers résultats que nous avons obtenus dans le traitement du diabète sucré ([1]), par les radicelles de l'orge germée des brasseries.

Nous avons constaté, dès les premières observations, que ces radicelles possédaient un ou des principes qui, ingérés par l'homme, se montraient capables de faire disparaître rapidement le sucre urinaire des diabétiques (diabète hépatique). Ces principes résistent à la chaleur de 100°; leur action, nulle in vitro, semble ne pouvoir s'exercer qu'avec le concours de certaines substances (diastases ou autres) contenues dans l'organisme.

Observation I. — M. G. 70 ans. Diabétique depuis 25 ans. Maximum de sucre, 100^g par litre. Acétonurie à certains moments. A suivi divers traitements sans tomber au-dessous de 40^g de sucre par litre. Commence le traitement aux radicelles d'orge le 20 septembre 1927. Analyse d'urines le 6 décembre. — Sucre : 1^g,28 par litre. Le 12 décembre : sucre, néant. Nouvelle analyse le 23 janvier, le sucre n'a pas reparu. M. G. a repris des forces, son appétit est excellent.

Observation II. — Mme H., 60 ans. Diabétique depuis 8 ans. Taux du sucre : environ 71^g par litre depuis cette époque. Analyse le 9 septembre 1927 : 51^g,25 par litre. Reçoit une première série de piqûres d'insuline de juillet à septembre. Analyse le 27 septembre : sucre 33^g par litre. Opération chirurgicale au talon, le 22 septembre. Nouvelle série de piqûres d'insuline; au total, 118 injections. Analyse, le 9 décembre : sucre 33^g,25 par litre. Commence le traitement aux radicelles le 10 décembre. Analyse d'urines le 30 décembre : sucre 10^g,64 par litre. Les forces et l'appétit reviennent sensiblement. Analyse d'urines fin janvier : sucre 2^g,25 par litre.

Observation III. — M. M., 62 ans. Ictus le 15 août 1927. Analyse d'urines le 1er septembre : sucre 95^g par litre avec une émission de 3^l en 24 heures. Commence le traitement aux radicelles, le 3 décembre. Après 15 jours de traitement, le volume des 24 heures tombe à 1^l,500 et la quantité de glucose, par litre, à 30^g. Le 20 janvier 1928, nouvelle analyse : pas de

([1]) Ces observations concernent le diabète hépatique.

traces de sucre. Du 22 au 27 janvier, M. M. cesse toute médication et tout régime; le sucre reparaît à la dose de $1^g,61$ par litre. L'appétit et les forces sont revenues, la polydipsie a disparu.

Il découle de ces observations que les radicelles de l'orge germée à l'air renferment un ou des principes capables de faire disparaître rapidement le glucose urinaire des diabétiques.

Sur l'existence, dans les touraillons d'orge germée, d'une substance ayant un pouvoir hypoglycémique et agissant d'une façon analogue à l'insuline. Note de MM. **Eugène Donard** et **Henri Labbé**, retirée, sur leur demande, en la séance du 21 mars 1932, du pli cacheté n° 10285, déposé le 31 mars 1930.

Si l'on fait une décoction à l'ébullition pendant 10′ avec lavage subséquent, ou même simplement un épuisement à froid avec agitation de 100^g de touraillons avec 1000^g d'eau, plus les eaux de lavage des insolubles, on obtient un liquide contenant un extrait représentant environ 35 à 37 pour 100 des touraillons mis en œuvre.

Si l'on précipite par l'alcool à 95°, ou mieux par l'alcool absolu, cet extrait dissous dans une petite quantité d'eau, on obtient un précipité que l'on lave soigneusement à l'alcool.

Puis, redissolvant ce précipité, débarrassé d'alcool, on le soumet à la dialyse par un filtre septima, ou analogue.

Le liquide dialysé est concentré au bain-marie, puis, quand l'extrait est sec, on le reprend par l'eau à la concentration de 5 pour 100, on filtre, on stérilise le liquide obtenu, mis en ampoules.

Ce liquide, injecté à des lapins à la dose de $0^g,20$ de matière sèche, amène une hypoglycémie d'environ 40 pour 100.

Nous avons même, dans certains cas, obtenu des hypoglycémies plus profondes, et, dans ces cas, les lapins ont montré une gêne excessive de la respiration, polypnée, agitation rapide des oreilles, accidents ayant les caractères habituels de l'hypoglycémie insulinique.

Par opposition, les lapins qui n'ont pas atteint 40 pour 100 d'hypoglycémie n'ont accusé aucun trouble, mais le produit, dans ces essais, était moins concentré en agent actif, et contenait encore une notable proportion de glucose, dont nous ne l'avions pas encore débarrassé suffisamment, et qui venait contrebalancer l'action hypoglycémiante.

Nous n'avons pu encore obtenir le produit actif à un état de concentration ou de pureté suffisant pour obtenir régulièrement des hypoglycémies aussi profondes que celles données par les produits insuliniques, du moins les hypoglycémies obtenues avec notre produit sont-elles plus prolongées, puisque, ayant poursuivi dans un de ces essais jusqu'à la 16e heure l'analyse du glucose dans le sang, nous avons encore constaté une hypoglycémie de 28 pour 100, et dans les nombreux cas où les analyses ont été poussées jusqu'à la 7e heure, la même profondeur au moins a été constatée.

Dans un essai sur un lapin de 2^{kg},025, l'hypoglycémie est descendue à plus de 60 pour 100 et au bout de 7 heures, elle était encore de plus de 45 pour 100. Ce lapin a présenté les accidents dont il est question plus haut.

Nous revendiquons donc la découverte dans l'extrait aqueux de touraillons d'orge germée, d'une substance ayant un pouvoir hypoglycémique, et agissant sur le lapin d'une façon analogue à l'action de l'insuline.

Nous nous réservons d'établir la nature et de déterminer la composition exacte de ce corps à action hypoglycémique.

CORRESPONDANCE.

M. E.-G. **Barrillon** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Géographie et Navigation par la mort de M. *G. Ferrié*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Alex von Muralt. *Auguste Forel*, traduction de H. Bonifas. Préface de O.-L. Forel.

2° *Les principes de la Mécanique quantique*, par P. A. M. Dirac. Traduit par Al. Proca et J. Ullmo.

3° J. Rouch. *Le Maroc maritime français. Notice météorologique et océanographique*. (Présenté par M. J. Charcot.)

4° *Contribution à la géométrie des systèmes articulés*, par F.-E. Myard. Présenté par M. M. d'Ocagne.)

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Définition géométrique d'un groupe de surfaces* (Σ). Note (¹) de M. **Long**, présentée par M. Élie Cartan.

J'appelle surface (Σ) toute surface telle que l'on ait, moyennant un choix convenable de u, v ne modifiant pas les courbes coordonnées, une relation de la forme $h = f(l)$, en posant $h^2 = \Sigma\alpha_u^2$, $l^2 = \Sigma\alpha_v^2$, les α_i étant les cosinus directeurs de la normale, u et v les paramètres des lignes de courbure.

Ceci noté, considérons le problème suivant : Existe-t-il des surfaces s'appliquant sur d'autres avec conservation des lignes de courbure ?

Soit (B) une telle surface. Posons

$$H^2 = \Sigma x_u^2, \qquad L^2 = \Sigma x_v^2, \qquad h^2 = \Sigma\alpha_u^2, \qquad l^2 = \Sigma\alpha_v^2,$$

$M(x_i)$ étant un point de (B) rapportée à ses lignes de courbure.

Soient, pour la transformée (B_1) de (B), H_1, L_1, h_1, l_1, les quantités correspondantes.

Si (B) s'applique sur (B_1) avec conservation des lignes de courbure, on devra avoir $H_1 = H$, $L_1 = L$.

Or, pour (B), on a les équations

$$(1) \qquad \frac{H_v}{L} = \frac{h_v}{l},$$

$$(2) \qquad \frac{L_u}{H} = \frac{l_u}{h},$$

$$(3) \qquad \left(\frac{h_v}{l}\right)_v + \left(\frac{l_u}{h}\right)_u + hl = 0.$$

Dans le passage de (B) à (B_1), h_v/l et l_u/h se conservent, d'après (1) et (2); donc, d'après (3), hl se conserve.

Dès lors, la condition $h_v^1/l_1 = h_v/l$, qui peut s'écrire : $h_1 h_v^1/h_1 l_1 = hh_v/hl$, entraîne

$$(4) \qquad (h_1^2)_v = (h^2)_v,$$

puisque $h_1 l_1 = hl$.

De même la condition

$$\frac{l_u^1}{h_1} = \frac{l_u}{h} \qquad \text{ou} \qquad \frac{l_1 l_u^1}{h_1 l_1} = \frac{l l_u}{hl}$$

(¹) Séance du 11 avril 1932.

entraîne

(5) $$(l_1^2)_u = (l^2)_u.$$

En intégrant (4) et (5), on a

(6) $$h_1^2 = h^2 + U_1;$$

(7) $$l_1^2 = l^2 + V_1.$$

Multipliant (6) et (7), et tenant compte de la relation $h_1^2 l_1^2 = h^2 l^2$, on a

(8) $$V_1 h^2 + U_1 l^2 + U_1 V_1 = 0.$$

Mais, de (6) et (7), on tire

(6′) $$h^2 = h_1^2 - U_1;$$

(7′) $$l^2 = l_1^2 - V;$$

d'où, par multiplication de (6′) et (7′),

(8′) $$-V_1 h_1^2 - U_1 l_1^2 + U_1 V_1 = 0.$$

Pour des couples de surfaces réelles, il est impossible que U_1 et V_1 soient de même signe, d'après (8) et (8′). Il faut donc poser nécessairement, soit

$$U_1 = -U^2, \qquad V_1 = +V^2,$$

soit

$$U_1 = +U^2, \qquad V_1 = -V^2.$$

Dans le premier cas, (8) et (8′) deviennent

(9) $$\frac{h^2}{U^2} - \frac{l^2}{V^2} = 1;$$

(10) $$\frac{l_1^2}{V^2} - \frac{h_1^2}{U^2} = 1.$$

En laissant de côté des cas particuliers peu intéressants, on ne restreint pas la généralité en prenant $U^2 = 1$, $V^2 = 1$, et l'on a

(9′) $$h^2 - l^2 = 1;$$

(10′) $$l_1^2 - h_1^2 = 1.$$

Réciproquement, soit une surface (Σ) quelconque du groupe

(9′) $$h^2 - l^2 = 1 \qquad \text{[surface (B)]}.$$

On a toujours le droit de poser

(11) $$h_1^2 = h^2 - 1,$$

(12) $$l_1^2 = l^2 + 1;$$

d'où, multipliant (11) et (12) et tenant compte de (9'),

$$h_1^2 l_1^2 = h^2 l^2.$$

Les formules (11) et (12) ne font pas intervenir les signes de h_1 et l_1; nous choisissons ces deux quantités de façon que $h_1 l_1 = + hl$.

Or, H, L, h, l étant les quantités bien connues relatives à la surface (B), on a

$$\frac{H_v}{L} = \frac{h_v}{l} = \frac{h h_v}{hl} = \frac{h h_v}{h_1 l_1}.$$

et, comme (11) entraîne $hh_v = h_1 h_v^1$, on a aussi

$$\frac{H_v}{L} = \frac{h_v^1}{l_1}.$$

On montrerait de même que

$$\frac{L_u}{H} = \frac{l_u^1}{h_1}.$$

Enfin, du fait que

$$\frac{h_v}{l} = \frac{h_v^1}{l_1}, \qquad \frac{l_u}{h} = \frac{l_u^1}{h_1}, \qquad hl = h_1 l_1,$$

la relation

$$\left(\frac{h_v}{l}\right)_v + \left(\frac{l_u}{h}\right)_u + hl = 0$$

entraîne la suivante :

$$\left(\frac{h_v^1}{l_1}\right)_v + \left(\frac{l_u^1}{h_1}\right)_u + h_1 l_1 = 0.$$

Il existe donc bien une certaine surface (B_1) rapportée à ses lignes de courbure, ayant pour éléments fondamentaux H, L, h_1, l_1, donc applicable sur (B) suivant les lignes de courbure.

Pour cette surface (B_1), on a

$$l_1^2 - h_1^2 = 1 \quad \text{d'après} \quad [(9'), (11) \text{ et } (12)].$$

On a ainsi la définition suivante :

Les surfaces

$$h^2 - l^2 = 1 \qquad (\text{ou } l^2 - h^2 = 1)$$

sont les surfaces réelles s'appliquant sur d'autres surfaces réelles suivant leurs lignes de courbure.

Ces surfaces dépendent de quatre fonctions arbitraires.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de polynomes de deux variables complexes.* Note (¹) de M. **André Weil**, présentée par M. J. Hadamard.

H. Cartan, dans un intéressant Mémoire (²), a souligné l'importance, pour la théorie générale des fonctions de plusieurs variables complexes, de l'extension à ces fonctions des résultats connus sur le développement en séries de polynomes, dans un domaine donné, des fonctions d'une seule variable. Il a donné aussi, dans ce même Mémoire, une condition nécessaire à laquelle doit satisfaire un « domaine d'holomorphie » Δ pour que toute fonction holomorphe dans Δ y soit développable en série de polynomes : il faut que Δ soit « convexe par rapport à la famille des polynomes ». Or cette condition est non seulement nécessaire, mais aussi suffisante. C'est ce qui résulte en effet du théorème suivant, que je me borne à énoncer dans le cas de deux variables, et qu'on vérifie sans difficulté :

Soient $X_1, X_2, \ldots, X_n$ *n polynomes en* x, y, *et soit* D *le domaine (s'il existe) qui est défini par les inégalités*

$$|X_i(x, y)| \leqq 1 \qquad (i = 1, 2, \ldots, n). \tag{1}$$

Soit σ_{ij} *(si elle existe) la variété à deux dimensions, située sur la frontière de* D, *qui est définie par les égalités et inégalités*

$$|X_i(x, y)| = |X_j(x, y)| = 1, \qquad |X_k(x, y)| \leqq 1 \qquad (k \neq i, j).$$

On peut alors déterminer des polynomes $\Phi_{ij}(\xi, \eta; x, y)$ *en* ξ, η, x, y, *de telle sorte que l'on ait, pour toute fonction* $f(x, y)$ *holomorphe dans le domaine fermé* D,

$$\frac{1}{(2\pi i)^2} \sum_{(i,j)} \int\int_{\sigma_{ij}} \frac{\Phi_{ij}(\xi, \eta; x, y) f(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta}{[X_i(\xi, \eta) - X_i(x, y)][X_j(\xi, \eta) - X_j(x, y)]} = f(x, y)$$

si (x, y) *est intérieur à* D;

$$= 0$$

si (x, y) *est extérieur à* D.

Le choix des Φ_{ij} se fait comme suit. Choisissons (ce qui est facile) des

---

(¹) Séance du 11 avril 1932.

(²) *Sur les domaines d'existence des fonctions de plusieurs variables complexes* (*Bull. Soc. Math.*, 59, 1931, p. 46-69); Cf. aussi le Mémoire *Zur Theorie der Regularitäts und Konvergenzbereiche*, par H. Cartan et P. Thullen, qui paraîtra prochainement dans les *Math. Ann.* et dont j'adopte ici la terminologie.

polynomes $P_i(\xi, \eta; x, y)$, $Q_i(\xi, \eta; x, y)$ tels que l'on ait identiquement

$$X_i(\xi, \eta) - X_i(x, y) \equiv (\xi - x) P_i + (\eta - y) Q_i.$$

On prendra alors

$$\Phi_{ij} \equiv P_i Q_j - P_j Q_i.$$

Ce théorème s'étend, du reste, au cas où l'on prend pour $X_1, X_2, \ldots, Z_n$ des fractions rationnelles, et il peut même être étendu, comme je me propose de le montrer ailleurs, à des cas beaucoup plus généraux. Il peut être appliqué avec fruit à divers problèmes concernant les fonctions de plusieurs variables complexes, et par exemple à la représentation des fonctions méromorphes dans un domaine donné. Quant à la réciproque du théorème de Cartan, elle se déduit aisément de la remarque suivante :

Dans le domaine D, *défini par les inégalités* (1), *toute fonction holomorphe* $f(x, y)$ *est développable en série de polynomes :* D est « normal ». Plus précisément, on a

$$f(x, y) = \sum_{i, j} \left[\sum_{\mu=0}^{\infty} \sum_{\nu=0}^{\infty} p_{ij,\mu\nu}(x, y) X_i^\mu X_j^\nu \right],$$

où les $p_{ij,\mu\nu}$ sont des polynomes de degré borné en x, y.

Il suffit, pour le voir, d'appliquer notre théorème, et de remplacer, sous le signe $\int$, $1/[X_i(\xi, \eta) - X_i(x, y)][X_j(\xi, \eta) - X_j(x, y)]$ par

$$\sum_{\mu=0}^{\infty} \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{X_i^\mu(x, y)}{X_i^{\mu+1}(\xi, \eta)} \frac{X_j^\nu(x, y)}{X_j^{\nu+1}(\xi, \eta)},$$

série uniformément convergente quand (ξ, η) est sur σ_{ij} et (x, y) dans un domaine complètement intérieur à D.

Peut-être ces remarques pourront-elles aussi servir à démontrer l'intéressante conjecture de H. Cartan, d'après laquelle tout domaine d'holomorphie simplement connexe serait un domaine normal.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les directions de Borel de certaines fonctions entières*. Note de M. G. **Valiron**, présentée par M. J. Hadamard.

1. La fonction $T(r, f)$, introduite par M. Nevanlinna dans la théorie des fonctions méromorphes, est une fonction de r analytique par intervalles; on peut, comme je l'ai fait pour les fonctions entières à partir de

$\log M(r, f)$ (¹), définir des ordres précisés $\rho(r)$ lorsque l'ordre ρ de $f(z)$ est fini et positif. Un ordre précisé est tel que, pour r tendant vers l'infini,

$$\overline{\lim}\,\rho(r)=\rho, \qquad \underline{\lim}\,\rho(r)=\beta>0, \qquad \lim r\rho'(r)\log r=0,$$
$$\overline{\lim}\frac{T(r,f)}{r^{\rho(r)}}=1.$$

Lorsque $\beta=\rho$, on a un ordre précisé L (ou de Lindelöf). En utilisant les résultats précis de M. Milloux, on voit que :

I. *Si $f(z)$ est d'ordre précisé $\rho(r)$, il existe au moins une direction Δ de Borel d'ordre précisé $\rho(r)$.*

J'entends par là que, $n(r, x, S)$ étant le nombre des points où $f(z)=x$ situés dans un angle S arbitraire de sommet origine et de bissectrice Δ, on a

$$\overline{\lim_{r=\infty}}\frac{n(r,x,S)}{r^{\rho(r)}}>0$$

pour toute valeur de x sauf deux au plus. On peut préciser dans ce sens divers résultats connus sur les directions de Borel des fonctions entières.

2. Pour une fonction entière d'ordre précisé L, $\rho(r)$, on sait (²) que, φ étant l'argument de z et r son module, on a, pour chaque φ,

$$\overline{\lim_{r=\infty}}\frac{\overset{+}{\log}|f(re^{i\varphi})|}{r^{\rho(r)}}=h(\varphi),$$

$h(\varphi)$ étant une fonction (ici positive ou nulle) étudiée par MM. Lindelöf et Phragmén. Si $h(\varphi)$ s'annule pour certains φ, on démontre, par la méthode suivie dans un Mémoire précédent (³), que :

II. *Les côtés des angles dans lesquels $h(\varphi)$ est positif sont des directions de Borel d'ordre précisé* L, $\rho(r)$. *L'intérieur d'un angle dans lequel $h(\varphi)=0$ ne contient pas de telles directions.*

3. Considérons une fonction $F(z)$ définie par une série de Taylor

$$F(z)=a_0+a_1z+\ldots+a_nz^n+\ldots,$$

dont le rayon de convergence est 1, et la fonction associée de Borel

$$f(z)=a_0+a_1z+\ldots+a_n\frac{z^n}{n!}+\ldots,$$

(¹) *Lectures on the general theory of integral functions*, p. 64.

(²) *Mémorial des sc. math.*, fasc. 2, 1925, p. 34.

(³) *Annali di mat.*, série 4, 9, 1931, p. 273-285.

dont un ordre L est égal à 1. Pour simplifier, j'appellerai simplement directions de Borel d'espèce maximum les directions de Borel correspondant à cet ordre précisé. M. Pólya a donné (¹) la relation entre les directions des singularités de $F(z)$ qui fournissent le polygone de sommabilité de Borel et les propriétés de la fonction $h(\varphi)$ relative à $f(z)$. Il en résulte des propriétés des directions de Borel de $f(z)$ (²).

Bornons-nous ici au cas suivant : $F(z)$ est une fonction méromorphe dans tout le plan, ou plus généralement, est méromorphe quand on la prolonge dans un cercle $|z| < R$ qui contient à son intérieur (au sens strict) le polygone de sommabilité; alors :

III. *Dans ces conditions, il y a identité entre les directions de Borel d'espèce maximum de $f(z)$ et les directions des sommets du polygone de sommabilité.*

On le voit en mettant en évidence les parties principales des premiers pôles et en utilisant cette proposition :

IV. *Si petit que soit $\varepsilon > 0$, il existe dans tout intervalle $R, (1+\varepsilon)R$, dès que R est assez grand, des valeurs r telles que la variation de l'argument de $f(z)$, lorsque l'argument de $z = re^{i\varphi}$ varie de ε, soit inférieure à*

$$H\sqrt[4]{\varepsilon}\, r^{\rho(r)},$$

H étant fini.

Dans le cas où le polygone de sommabilité contient des angles de sommet origine, on utilise la proposition II pour montrer que les côtés du plus grand A de ces angles sont directions de Borel d'espèce maximum. Dans ce cas, la fonction $f(z)$ peut admettre dans A des directions de Borel (donc de Julia) d'ordre inférieur à 1, et même d'ordre 1 mais qui ne sont pas d'espèce maximum. Dans tous les cas, on ne change pas $h(\varphi)$, donc le polygone de sommabilité en remplaçant $f(z)$ par $f_1(z) = f(z)g(z)$ et $F(z)$ par la fonction correspondante $F_1(z)$, pourvu que $g(z)$ soit au plus du type minimum de l'ordre 1. On peut ainsi introduire de nouvelles directions de Borel d'ordre inférieur à 1 ou d'ordre 1, mais qui ne sont pas d'espèce maximum, qui coupent les côtés du polygone de sommabilité.

J'avais cru que cette identité entre les directions des sommets du polygone de sommabilité et les directions de Borel d'espèce maximum a lieu pour tout couple de fonctions associées; Miss M. Cartwright m'a signalé qu'il résulte de ses travaux en cours qu'il n'en serait rien.

(¹) *Math. Z.*, 29, 1929, p. 549-640.

(²) Voir à ce sujet la Note de M. V. Bernstein, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 350-353.

4. On obtient des résultats analogues lorsqu'on associe à $F(z)$ une fonction construite au moyen des fonctions sommatrices de Mittag-Leffler. Lorsque l'ordre de ces fonctions augmente, la localisation des directions de Borel, dans le cas général, s'améliore. En passant à la limite, supposons la transformée de $F(z)$ définie par

$$\Sigma a_n \psi(n) z^n, \tag{1}$$

la fonction sommatrice $\Sigma\psi(n)z^n$ tendant uniformément vers zéro lorsque z s'éloigne indéfiniment dans tout angle ne contenant pas l'axe réel. On a par exemple le résultat suivant :

V. *Si à l'intérieur d'un angle A de sommet origine, l'étoile d'holomorphie de $F(z)$ n'admet pour frontière que des prolongements de rayons, il y a identité entre ces rayons frontière et les directions de Borel convenablement définies, pourvu que $\psi(n)$ soit assez régulière.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les dérivées seconde et troisième d'une fonction holomorphe et univalente dans le cercle unité.* Note de M. F. **Marty**, présentée par M. J. Hadamard.

I. Si la fonction

$$f(z) = z + a_2 z^2 + a_3 z^3 + \ldots$$

est holomorphe et univalente dans le cercle unité, on sait qu'elle vérifie les inégalités suivantes ([1]) :

$$|a_2| \leqq 2, \qquad |a_3| \leqq 3 \tag{1}$$

et, en posant $|z| = r$,

$$\frac{1-r}{(1+r)^3} \leqq |f'(z)| \leqq \frac{1+r}{(1-r)^3}, \tag{2}$$

les signes égale étant valables pour la fonction $z/(1-z)^2$.

Je me propose de montrer que $f(z)$ *vérifie aussi les inégalités suivantes :*

$$|f''(z)| \leqq \frac{4+2r}{(1-r)^4}, \qquad |f'''(z)| \leqq \frac{18+6r}{(1-r)^5}, \tag{3}$$

les signes égale étant valables pour $f(z) = z/(1-z)^2$.

([1]) Cf. Bieberbach, *Lehrbuch der Funktionentheorie*, 2, 1931, p. 74-77.

Il est clair que sous les hypothèses de l'énoncé, $|f''|$ et $|f'''|$ ne sont pas bornés inférieurement par un nombre positif.

II. Posons

$$(4)\qquad g(\zeta)=\frac{f\left(\dfrac{\zeta+z}{1+\bar{z}\zeta}\right)-f(z)}{f'(z)(1-z\bar{z})};$$

$g(\zeta)$ est univalente et holomorphe dans le cercle unité, et l'on a

$$(5)\qquad g(\zeta)=\zeta+b_2\zeta^2+b_3\zeta^3+\ldots$$

avec

$$b_2=\frac{1}{2}\left[\frac{f''(z)}{f'(z)}(1-r^2)-2\bar{z}\right],$$
$$b_3=\frac{1}{6}\left[\frac{f'''(z)}{f'(z)}(1-r^2)^2-6\frac{f''(z)}{f'(z)}(1-r^2)\bar{z}+6\bar{z}^2\right].$$

D'après (1), on aura

$$|b_2|\leqq 2,$$

ce qui donne successivement

$$(6)\qquad \begin{cases}\left|\dfrac{f''}{f'}(1-r^2)-2\bar{z}\right|\leqq 4,\\[2mm] \left|\dfrac{f''}{f'}(1-r^2)\right|-2r\leqq 4,\end{cases}$$

$$(7)\qquad \left|\frac{f''}{f'}\right|\leqq\frac{4+2r}{1-r^2};$$

et d'après (2) on obtient, en majorant $|f'|$,

$$(8)\qquad |f''|\leqq\frac{4+2r}{(1-r)^4},$$

ce qui est bien la première inégalité annoncée.

Écrivons maintenant

$$|b_3|\leqq 3,$$
$$\left|\frac{f'''}{f'}(1-r^2)^2-6\frac{f''}{f'}(1-r^2)\bar{z}+6\bar{z}^2\right|\leqq 18,$$
$$(1-r^2)^2\left|\frac{f'''}{f'}\right|\leqq 18+\left|6\frac{f''}{f'}(1-r^2)\bar{z}-6\bar{z}^2\right|,$$

$$(9)\qquad (1-r^2)^2\left|\frac{f'''}{f'}\right|\leqq 18+3r(1-r^2)\left|\frac{f''}{f'}\right|+3r\left|\frac{f''}{f'}(1-r^2)-2\bar{z}\right|,$$

et en majorant les termes du second membre de (9) au moyen de (6) et (7) respectivement, on obtient

$$(10)\qquad (1-r^2)^2\left|\frac{f'''}{f'}\right|\leqq 18+24r+6r^2,$$

ce qui donne bien, en majorant $|f'|$ d'après (2),

$$|f'''| \leqq \frac{18+6r}{(1-r)^5}. \tag{11}$$

Ce calcul se généraliserait aux dérivées d'ordre successif si l'on avait complètement démontré l'hypothèse de M. Bieberbach que, pour les fonctions considérées, on a

$$|a_n| \leqq n.$$

On aurait alors d'une manière générale

$$|f^{(n)}(z)| \leqq n!\,\frac{n+r}{(1-r)^{n+2}}. \tag{12}$$

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la stabilité des mouvements de Couette.* Note (¹) de M. **Alfred Rosenblatt.**

La stabilité des mouvements des liquides visqueux contenus entre deux cylindres coaxiaux de rayons r_1, r_2 tournant autour de leur axe z a été étudiée par M. Th. Sexl (*Annalen der Physik*, 83) et par M. G. Taylor (*Phil. Trans.*, 223) qui, en se bornant à la première approximation, ont envisagé les perturbations *périodiques* le long de l'axe.

Or on peut montrer rigoureusement l'existence des perturbations qui s'évanouissent exponentiellement à l'infini. Le cas du *mouvement fondamental nul* (repos initial) que nous allons maintenant envisager est abordable par les mêmes méthodes que j'ai employées dans l'étude d'autres mouvements de ce genre (laminaires, de Poiseuille). Le cas du mouvement fondamental non nul conduit à des systèmes d'équations intégrales de M. Volterra et de Fredholm.

Soient u, v, w les composantes d'une perturbation *symétrique* autour de l'axe des z, à savoir u perturbation radiale, v tangentielle, w axiale. On a

$$u = \frac{1}{r}\Psi'_z, \qquad w = -\frac{1}{r}\Psi'_r, \tag{1}$$

Ψ fonction de Stokes. Posons

$$\Psi = \sum_1^\infty \varepsilon^k E_1^k f_k(r), \qquad v = \sum_1^\infty \varepsilon^k E_1^k \varphi_k(r), \tag{2}$$

(¹) Séance du 11 avril 1932.

$E_1 = e^{-\lambda z - \mu t}$. On obtient, pour déterminer les f_k, φ_k les trois systèmes infinis d'équations différentielles ordinaires

$$f''_k - \frac{1}{r} f'_k + k^2\lambda^2 f_k = R_k, \tag{3}$$

$$R''_k - \frac{1}{r} R'_k + \left(k^2\lambda^2 + \frac{k\mu}{\nu}\right) R_k - \frac{2k\lambda}{\nu} \varphi_0 \dot{\varphi}_k = \frac{F_k}{\nu}, \tag{4}$$

$$\varphi''_k + \frac{1}{r} \varphi'_k + \left(k^2\lambda^2 - \frac{1}{r^2} + \frac{k\mu}{\nu}\right) \varphi_k + \frac{2k\lambda A}{\nu r} f_k = \frac{G_k}{\nu}, \tag{5}$$

$k = 1, 2, \ldots, \nu$ coefficient de viscosité, F_k, G_k sont des polynomes du deuxième degré en $f_1, \ldots, f_{k-1}$; $R_1, \ldots, R_{k-1}$; $\varphi_1, \ldots, \varphi_{k-1}$ et leurs dérivées du premier ordre.

Supposons maintenant que les conditions suivantes soient vérifiées (on pourrait les remplacer par d'autres plus générales) :

1°

$(r_2 - r_1)\lambda$ est multiple pair de π.

2° $(r_2 - r_1)\mu/2\lambda\nu$ n'est pas multiple de $\pi/2$.

3° En posant

$$\Delta_k = I_1(r_1 g_k) Y_1(r_2 g_k) - I_1(r_2 g_k) Y_1(r_1 g_k) \qquad \left(g_k = \sqrt{k^2\lambda^2 + \frac{k\mu}{\nu}}\right), \tag{6}$$

I, Y fonctions de Bessel, on a

$$\Delta_1 = 0, \qquad \Delta_k \neq 0 \qquad (k > 1). \tag{7}$$

4° En posant

$$\begin{aligned} M_k(r, r_1) = \frac{2}{\pi} I_1(r g_k) + r_1 g_k I_0(r_1 g_k)[I_1(rk\lambda) Y_1(r_1 k\lambda) - I_1(r_1 k\lambda) Y_1(rk\lambda)] \\ + r_1 k\lambda I_1(r_1 g_k)[I_0(r_1 k\lambda) Y_1(rk\lambda) - I_1(rk\lambda) Y_0(r_1 k\lambda)], \end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned} N_k(r, r_1) = \frac{2}{\pi} Y_1(r g_k) + r_1 g_k Y_0(r_1 g_k)[I_1(rk\lambda) Y_1(r_1 k\lambda) - I_1(r_1 k\lambda) Y_1(rk\lambda)] \\ + r_1 k\lambda Y_1(r_1 g_k)[I_0(r_1 k\lambda) Y_1(rk\lambda) - I_1(rk\lambda) Y_0(r_1 k\lambda)], \end{aligned} \tag{9}$$

$$D_k = M_k(r_2, r_1) \left.\frac{\partial N_k(r, r_1)}{\partial r}\right|_{r_2} - N_k(r_2, r_1) \left.\frac{\partial M_k(r, r_1)}{\partial r}\right|_{r_2}, \tag{10}$$

on a

$$D_1 = 0, \qquad D_k \neq 0, \qquad k > 1. \tag{11}$$

Alors il existe un nombre positif fixe $M > 0$, tel que la relation récurrente

$$\Phi_k = M \sum_{\substack{l+m=k \\ l, m=1 \ldots k-1}} \Phi_l \Phi_m, \tag{12}$$

donne des nombres *majorant* les $\varphi_k(r)$. On obtient donc la série majorante de v

$$S = \frac{1}{2M}\sum_{1}^{\infty}(-1)^{k-1}.\varepsilon^k\binom{\frac{1}{2}}{k}(4E_1\Phi M)^k, \tag{13}$$

Φ_1 étant un nombre positif convenable. La série S_1 majorant Ψ s'obtient en multipliant S par $1/k$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les cavitations stationnaires dans un fluide en mouvement irrotationnel.* Note de M. **Henri Poncin**, présentée par M. Henri Villat.

Etant donné un fluide parfait et incompressible, sollicité par un système de forces dérivant d'un potentiel connu U(M), le problème des cavitations [1] consiste à déterminer à l'instant t la forme $(L = 0)$ et le mouvement d'une surface de pression nulle L connaissant la forme $(L_0 = 0)$ et le mouvement initial de cette surface. On a ainsi

$$L = L(\varphi_0, L_0 | M, t). \tag{1}$$

Or on peut constater l'existence de mouvements pour lesquels la cavitation, une fois formée, subsiste aussi longtemps que les circonstances extérieures qui produisent le mouvement, sans que sa forme soit altérée. Dans ces conditions la variable t ne figure pas explicitement dans la relation (1). Chacun de ces mouvements (à trois dimensions) peut être considéré comme résultant de la composition de deux mouvements simples $\mathfrak{M}_e$ et $\mathfrak{M}_r$: $\mathfrak{M}_e$ est un mouvement sans déformation défini par l'accélération $\vec{\gamma}(t)$ du point principal et par le tenseur de rotation $\omega_{ik}(t)$. $\mathfrak{M}_r$ est défini par le champ des vitesses $\vec{u}$ attachées à chaque point (x) et de la forme

$$u^i = \frac{\partial\varphi}{\partial x^i} - [\omega_{ik}x^k] \qquad (i, k = 1, 2, 3), \tag{2}$$

$\varphi(x, t)$ est déterminé par la résolution d'un problème de Neumann relatif au domaine fluide $D(x)$, et son expression est de la forme

$$\varphi(x, t) = [\omega_{ik}(t)\,\varphi^{ik}(x)]. \tag{3}$$

---

(1) Riabouchinsky, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1326.

Rapportons l'espace (x) à un système de coordonnées $(\bar{x})$ défini par le tenseur métrique

$$g_{ik} = \begin{cases} 0, \ldots, \\ H_i^2, \ldots; \end{cases} \qquad g^{ik} = \begin{cases} 0, \ldots, i \neq k, \\ \frac{1}{H_i^2}, \ldots, i = k, \end{cases}$$

et dans lequel l'équation de L est $\bar{x}_3 = 0$ et désignons par des lettres accentuées les valeurs prises sur L par les diverses fonctions introduites. En posant

$$(4) \qquad \nabla\varphi' = \left[g^{11}\frac{\partial\varphi'}{\partial x_1}\right]^2 + \left[g^{22}\frac{\partial\varphi'}{\partial x_2}\right]^2 + \left[g^{33}(\omega_{ik}\, x^k\, \underline{x}_3^i)\right]^2,$$

$$(5) \qquad S' = (g^{11})^2\frac{\partial\varphi'}{\partial x_1}\left[\omega_{ik}\, x^i\, \underline{x}_1^k\right] + (g^{22})^2\frac{\partial\varphi'}{\partial x_2}\left[\omega_{ik}\, x^i\, \underline{x}_2^k\right] + (g^{33})^2\left[\omega_{ik}\, x^i\, \underline{x}_3^k\right]^2,$$

l'équation de pression conduit à la relation

$$(6) \qquad U'(x, t) = \frac{\partial\varphi'}{\partial t} + \frac{1}{2}\nabla\varphi' + S' + C(t).$$

Dans l'hypothèse, qui embrasse tous les cas usuels, où le potentiel U est une fonction rationnelle de la distance de M à un point, une droite ou un plan fixe, le deuxième membre de (6) se présente comme la somme de n termes dont chacun est le produit d'une fonction du temps t par une fonction du point M. Il existe donc deux groupes de relations linéaires, relatifs, le premier aux fonctions de t (p relations), le deuxième aux fonctions de M[$(n-p)$ relations]. Pour simplifier l'écriture, bornons-nous ici au cas où le potentiel U est nul. On peut alors distinguer les cas suivants :

$$(\text{I}) \qquad p = 1, \qquad \vec{\omega}(t) = \omega(t_0)\vec{z}, \qquad \vec{\gamma}(t) = \vec{\gamma}_0,$$

$$(\text{II}) \qquad p = 2, 3, 4, 5, \qquad \vec{\omega}(t) = \frac{1}{\lambda t}\vec{z}, \qquad \vec{\gamma}(t) = \frac{1}{\lambda^2 t^2}\vec{\gamma}_0,$$

$$(\text{III}) \qquad p = 6 \begin{cases} d\omega_j = [\alpha_{ik}^j \omega^i \omega^k]\, dt \\ \gamma_j = [\beta_{ik}^j \omega^i \omega^k] \end{cases} \qquad (i, k = 1, 2, 3).$$

Pour (I) et (II) la surface isobare (λ) peut avoir une forme quelconque. Dans le cas (III) ses paramètres différentiels doivent vérifier certaines relations qui résultent de l'élimination des φ^{ik} entre les équations du deuxième groupe. Pour un domaine multiplement connexe (cavitations cylindriques) il faut introduire de nouvelles fonctions de t caractérisant la circulation le long des lignes irréductibles à un point. On démontre que les conclusions

subsistent et l'on retrouve ainsi, dans des conditions plus générales, les résultats relatifs aux mouvements à deux dimensions (¹).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les analogies électriques en hydrodynamique*. Note (²) de MM. **J. Pérès** et **L. Malavard**, présentée par M. Henri Villat.

1. On sait que les analogies électriques ont déjà servi à la solution pratique de certains problèmes du potentiel concernant l'hydrodynamique. Le principe, utilisé par Relf, Taylor et Sharman, C. Ferrari (³) est le suivant : Un courant alternatif est amené aux électrodes EE′ formant deux bords opposés d'un bassin carré contenant une solution très diluée; deux pointes exploratrices PP′ plongeant dans le liquide sont reliées aux bornes d'un téléphone où l'on a le silence lorsque PP′ sont au même potentiel électrique V : en déplaçant P′ on trace donc aisément la ligne V constant passant par P. Or V peut être identifié : (A) ou bien avec le potentiel des vitesses φ d'un écoulement plan autour d'un obstacle (représenté par un cylindre isolant placé au centre du bassin), écoulement uniforme à l'infini et normal à E et E′; (B) ou bien avec la fonction de courant ψ du même écoulement, l'obstacle étant conducteur et la direction générale de l'écoulement parallèle à E et E′.

L'analogie (B) a été aussi utilisée à la représentation d'un écoulement avec circulation autour de l'obstacle : il suffit de porter cet obstacle à un potentiel dans un rapport fixe avec ceux de E et E′, de façon qu'il fonctionne comme électrode auxiliaire.

La méthode est tout indiquée pour remplacer le calcul numérique, plus ou moins aisé, des solutions théoriques; elle donne une représentation de l'ensemble du champ théorique, précieuse si l'on souhaite que la comparaison avec l'expérience ne se limite pas à des phénomènes locaux (pressions sur l'obstacle et valeur globale de la résistance). Nous en donnons dans la

(¹) H. Poncin, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1197; 193, 1931, p. 481; 194, 1932, p. 247.

(²) Séance du 11 avril 1932.

(³) Relf, *Reports and Memoranda B. A. Committee for Aeronautics*, 8, avril 1924, p. 1; Taylor et Sharman, *Proc. Royal Soc. London*, A, 121, 1928, p. 194; C. Ferrari, *L'Aerotecnica*, 17, 1930, p. 453.

suite d'autres applications moins immédiates, en nous limitant ici au tracé des lignes φ ou ψ.

2. D'abord l'application de l'analogie (A) au cas d'un écoulement avec circulation [dont l'intérêt est que la mesure des pressions sur l'obstacle, déduite de la distance entre lignes φ qui y aboutissent, est plus précise que dans (B)]. V, qui s'identifie avec φ, n'est pas uniforme : on évite la difficulté en disposant deux électrodes $E_1 E_2$ suivant deux lignes potentielles aboutissant à l'obstacle; supprimant E′ on aura le potentiel cherché dans

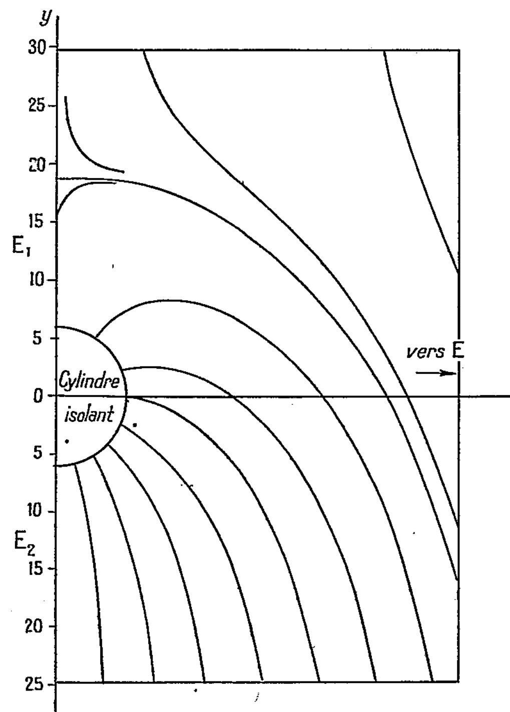


Fig. 1.

la région entre $EE_1 E_2$ en portant ces trois électrodes à des potentiels dans un rapport fixe ([1]). La figure 1 donne quelques lignes φ ainsi obtenues pour le cas de l'obstacle circulaire. E_1 et E_2 sont sur l'axe de symétrie du champ et séparées par l'obstacle dout il suffit de réaliser la moitié.

([1]) Bien que l'ordre de faits soit différent, la méthode est à rapprocher de l'élégante méthode de M. Riabouchinsky et Mme Popovitch-Schneider pour la réalisation de circulations en lame mince (*Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1703; **193**, 1931, p. 641).

3. Les deux électrodes $E_1 E_2$ seules et se faisant suite à un bord du bassin donnent l'image (A) d'un tourbillon ponctuel. Compte tenu de l'influence des bords (il suffit, dans la région étudiée de considérer les bords normaux à $E_1 E_2$), on a les lignes φ d'une suite de tourbillons, de sens alternés, disposés en ligne sur la droite $E_1 E_2$: l'accord avec les courbes théoriques ($\varphi + i\psi = -i \log \operatorname{tang} \pi z/2l$; courbes φ d'équation $\operatorname{sh} \pi y/l = C . \sin \pi x/l$) est excellent, ainsi que celui des valeurs de φ données par un potentiomètre.

4. La théorie d'Oseen implique la détermination d'une fonction φ (qui est le potentiel des vitesses en dehors du sillage) telle que $d\varphi/dn$ est nul au bord avant de l'obstacle, tandis que $\partial\varphi/\partial y$ est nul au bord arrière. La fonc-

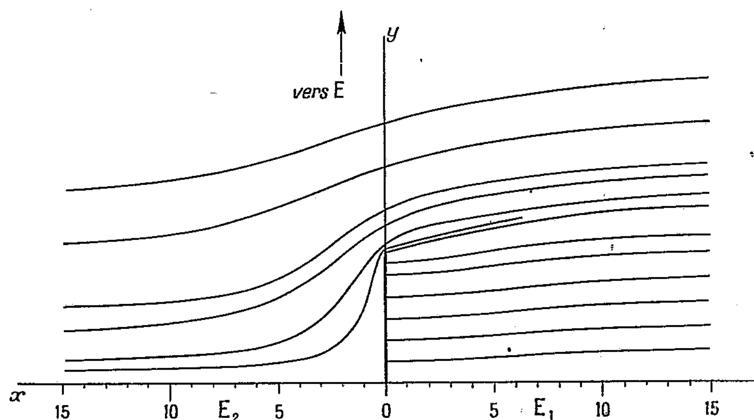


Fig. 2.

tion conjuguée ψ (fonction de courant en dehors du sillage) est constante au bord avant, $\partial\psi/\partial x$ étant nul au bord arrière. Cette fonction n'est pas uniforme de sorte qu'il faut utiliser trois électrodes $E E_1 E_2$. La figure 2 donne les lignes ψ pour une plaque normale au courant, E_1 et E_2 sont suivant l'axe de symétrie Ox; la plaque, réduite à sa moitié, est soudée à E, et séparée de E_1 par une mince feuille isolante qui en recouvre la face arrière. Le réglage convenable de la chute de potentiel entre E_1 et E_2 s'obtient théoriquement par la condition que la ligne équipotentielle à E_2 parte exactement de l'arête de la plaque : pratiquement il est bon de préciser ce réglage en calculant, ce qui n'est pas très compliqué, cette courbe au voisinage de l'arête.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les vitesses nulles dans le problème des trois corps.* Note de M. **Kivelisvitch**, présentée par M. J. Hadamard.

Soient P_0, P et P' trois corps qui s'attirent suivant la loi de Newton. Rapportons le mouvement de P et P' à P_0 et considérons le système canonique

$$(I)\quad \begin{cases} \dfrac{dx_i}{dt} = \dfrac{\partial H}{\partial p_i}; & \dfrac{dx'_i}{dt} = \dfrac{\partial H}{\partial p'_i} \\ \dfrac{dp_i}{dt} = -\dfrac{\partial H}{\partial x_i}; & \dfrac{dp'_i}{dt} = -\dfrac{\partial H}{\partial x'_i} \end{cases} \qquad (i=1, 2, 3),$$

$$H = \frac{1}{\mu}\sum_1^3 p_i^2 + \frac{1}{\mu'}\sum_1^3 p_i'^2 + \frac{2}{\mu_0}\sum_1^3 p_i p'_i - \frac{\alpha_1}{r_1} - \frac{\alpha_2}{r_2} - \frac{\alpha_3}{r_3} = E,$$

p_i et p'_i, vitesses absolues des corps p et P'.

Envisageons les mouvements pour lesquels la constante des forces vives E a une valeur donnée à l'avance.

Considérons la solution du système (I) telle que, pour $t=0$, une des vitesses, par exemple p, soit nulle. On trouve facilement qu'il faut deux relations entre les variables initiales pour que, à un certain moment, la vitesse soit nulle. En effet, comme le système (I) est régulier, on peut développer les variables : x_i, x'_i, p_i et p'_i suivant les puissances entières et croissantes de t. On trouve les développements :

$$(II)\quad \begin{cases} x_i - x_i^0 = t\,X_i(x_j^0, x_j'^0, p_j'^0 \mid t), \\ x'_i - x_i'^0 = t\,X'_i(x_j^0, x_j'^0, p_j'^0 \mid t) \\ p'_i - p_i'^0 = t\,P'_i(x_j^0, x_j'^0, p_j'^0 \mid t) \end{cases} \qquad (i, j = 1, 2, 3) \quad p_i^0 = 0 \text{ pour } t=0$$

et

$$(III)\qquad p_i = t\,P_i(x_j^0, x_j'^0, p_j'^0 \mid t).$$

Si l'on tire des équations (II) les x_i^0, $x_i'^0$ et $p_i'^0$ en fonction des x_i, x'_i, p'_i et t; puis qu'on porte ces valeurs dans (III), on trouve

$$(IV)\qquad p_i = t\,\Pi_i(x_j, x'_j, p'_j \mid t) \qquad (i=1, 2, 3).$$

Si, entre ces trois équations, on élimine t, on trouve les deux relations cherchées.

Pour calculer effectivement ces deux relations, posons

$$(IV')\qquad p_i = \sum_0^\infty a_i^n t^{n+1} = t\,\Pi_i(x_i, x'_i, p'_i \mid t).$$

Si l'on différentie (IV′) par rapport à t en utilisant le système (I) on trouve :

$$-\frac{\partial H}{\partial x_i}=\sum_0^\infty (n+1)a_i^n t^n + t\sum_1^3{}_j\left(\frac{\partial \Pi_i}{\partial x_j}\frac{\partial H}{\partial p_j}+\frac{\partial \Pi_i}{\partial x'_j}\frac{\partial H}{\partial p'_j}-\frac{\partial \Pi_i}{\partial p'_j}\frac{\partial H}{\partial x'_j}\right),$$

en égalant terme à terme les coefficients de mêmes puissances de t, on trouve successivement les valeurs des coefficients a_n^i. On démontre facilement que les équations (IV′) peuvent se mettre sous la forme

$$(\text{V}) \qquad p_i = Ax_i + Bx'_i + Cp'_i \qquad (i=1, 2, 3),$$

les fonctions A, B et C sont symétriques en x_i, x'_i et p'_i, invariables par une permutation circulaire des indices i et développables en séries entières en t.

On démontre facilement qu'à l'instant où la vitesse est nulle, les corps se trouvent dans le plan du maximum des aires.

Ces raisonnements se trouvent en défaut lorsque les vitesses ont une direction fixe, car dans ce cas on n'a qu'une seule relation de la forme (V) et l'on ne peut pas éliminer t.

On trouve des résultats analogues si l'on utilise le système canonique de Jacobi.

En appliquant les théorèmes que nous avons trouvés pour les chocs binaires qui nécessitent aussi deux relations entre les variables initiales (¹), on peut démontrer les théorèmes suivants :

Si, dans le mouvement des trois corps dans l'espace, une des vitesses s'annule pour un instant quelconque t_0, *le mouvement n'admet pas de chocs; le système est donc régulier dans tout l'espace.*

Pour le plan on a un théorème analogue : *Si dans le mouvement plan des trois corps les deux vitesses s'annulent à deux instants différents, ou si une même vitesse s'annule deux fois de suite en* t_0 *et* t_1, *le mouvement est régulier dans tout le plan.*

Si le mouvement admet plus des deux instants où la vitesse s'annule, il est rectiligne.

En appliquant les mêmes raisonnements au système d'un point attiré par deux centres fixes, on trouve (²) que le mouvement dans l'espace n'admet aucune vitesse nulle et dans le plan une seule vitesse nulle.

(¹) Voir *Comptes rendus*, **182**, 1927, p. 116, 263; **184**, 1928, p. 1533.
(²) Voir *Comptes rendus*, **193**, 1932, p. 513.

ASTROPHYSIQUE. — *Un photomètre photo-électrique à amplification pour la mesure des éclairements faibles*. Note de M. **G. Rougier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'amplification du courant photo-électrique présente de sérieuses difficultés lorsqu'il s'agit d'effectuer des mesures précises d'éclairements faibles. En effet, l'amplification devient instable si l'on exige une grande sensibilité. D'autre part, les cellules à atmosphère gazeuse présentent souvent une sensibilité qui augmente avec la durée pendant laquelle elles sont soumises à un même éclairement.

On peut réaliser cependant un photomètre impersonnel très sensible aux différences d'éclairement si l'on ne fait pas appel à la loi de proportionnalité du courant photo-électrique pour graduer la lumière. Il suffit pour cela de disposer d'un étalon lumineux bien stable avec lequel on effectue un étalonnage après chaque mesure.

Un photomètre construit d'après ce principe est utilisé depuis quatre ans à l'Observatoire de Strasbourg pour mesurer l'éclairement donné par la Lune. Il a servi également à mesurer l'éclairement global donné par la couronne solaire le 9 mai 1929 à Poulo Condore.

Comme étalon lumineux, nous utilisons une lampe pyrométrique dont le filament est alimenté à résistance constante suivant le schéma indiqué par G. Ribaud (*Revue d'Optique*, 5, 1926, p. 323).

La cellule photo-électrique au potassium, du type dit à *atmosphère gazeuse*, et la lampe amplificatrice bigrille à corne sont montées dans une même boîte métallique et séparées l'une de l'autre par une cloison également métallique. La boîte peut se fixer, au moyen d'une glissière, sur un instrument azimutal pour diriger la cellule sur le ciel. L'instrument ne comporte aucun dispositif optique, mais simplement des diaphragmes convenablement placés pour mettre la cellule à l'abri de toute lumière parasite. Des diaphrames circulaires correspondant à des champs de diamètres angulaires connus peuvent s'interchanger sur la plaque frontale. Un viseur solidaire de l'instrument permet de l'orienter.

L'anode de la cellule est reliée directement à la corne de la lampe bigrille par un conducteur isolé de la cloison. Des bornes fixées sur la boîte permettent d'établir les connexions avec le circuit de mesure. Nous avons adopté le dispositif d'amplification à pont, commode pour ramener le microampèremètre au zéro, lorsque la cellule est dans l'obscurité. L'ensemble

constitue en définitive un électromètre avec résistance de fuite facilement réglable en modifiant le courant de chauffage de la lampe bigrille.

Pour des conditions de fonctionnement bien déterminées, la partie intéressante de la caractéristique de la bigrille (grille portée par l'anode à un potentiel compris entre -3^v et -6^v) est parcourue en faisant varier la distance de l'étalon lumineux à la cellule dans un petit intervalle, d'où résulte la grande sensibilité aux différences. Le champ, dans lequel des mesures sont possibles avec une bonne précision, est réduit, mais l'observateur peut l'étendre beaucoup car il dispose de quatre paramètres pour modifier les conditions de fonctionnement du dispositif : intensité du courant de chauffage, potentiel de plaque, potentiel accélérateur, enfin surface du diaphragme placé immédiatement devant la cellule. En choisissant des conditions favorables de fonctionnement, il est facile de mesurer avec précision un éclairement compris entre un lux et un millième de lux. Quelques tâtonnements suffisent pour s'assurer que la déviation obtenue avec l'éclairement à mesurer correspond à la région de grande sensibilité de la caractéristique.

Les mesures s'effectuent par la méthode de substitution en réalisant, par variation de distance de l'étalon, une déviation identique à celle qui vient d'être donnée par l'éclairement à mesurer.

On élimine aisément la lumière parasite provenant de la brillance du ciel que l'instrument ne permettrait pas de mesurer directement. Dans ce but, l'instrument porte une lampe auxiliaire placée en dehors de la ligne de visée et dont la lumière peut être graduée à l'aide d'un coin. Un écran mobile masque le faisceau de la lampe auxiliaire lorsqu'on exécute un pointé sur l'astre. Il suffit ensuite de dépointer légèrement l'instrument et de démasquer le faisceau pour que la lumière parasite du ciel, agissant dans les deux cas, s'élimine d'elle-même. La lampe auxiliaire, dont la constance n'a besoin d'être assurée que pendant un court intervalle de temps, est ensuite comparée à l'étalon lumineux.

Cinq pointés successifs sur la source suffisent pour obtenir la valeur de l'éclairement avec la précision de 1/200e; elle est moindre pour les éclairements les plus faibles. Deux mesures sur l'étalon, donnant la pente de la caractéristique utilisée, déterminent dans tous les cas la précision obtenue.

Ce photomètre, conçu d'abord pour mesurer l'éclat global de la couronne solaire pendant une éclipse totale de Soleil, a permis ensuite d'exécuter plus de 1700 observations de la Lune, principalement au cours de l'année 1931; la discussion des résultats fera l'objet de publications ultérieures.

ASTRONOMIE COSMOGONIQUE. — *L'origine et l'évolution des étoiles et des nébuleuses amorphes d'après la cosmogonie dualiste.* Note de M. **Emile Belot**, présentée par M. Ernest Esclangon.

On connaît deux types de nébuleuses amorphes : les nébuleusee *noires* dont l'opacité semble indiquer une grande densité relative, et les nébuleuses à *luminescence électrique* dont les radiations d'éléments ionisés et les formes disloquées sont l'indice de chocs cosmiques à grande vitesse. La théorie de Russell fait commencer les étoiles au type M supergéant avec une température effective d'environ 3000°, mais en remontant l'évolution elle fait prévoir l'existence d'étoiles d'un type M' à température inférieure à 2000°.

Les dimensions et les masses probables d'étoiles supergéantes, comme Bételgeuse et Antarès, permettent de calculer leur densité Δ de l'ordre de 10^{-7}. Les étoiles du type M' auraient donc une densité de l'ordre de 10^{-8} à 10^{-9} peu supérieure à celle des nébuleuses noires ($\Delta = 10^{-10}$?).

D'après les principes de la cosmogonie dualiste, il suffit pour expliquer la formation des étoiles supergéantes avec toutes leurs particularités, d'admettre le choc de deux nébuleuses noires se rencontrant avec une vitesse relative de 2000 km/sec qui dépasse certainement la vitesse parabolique d'attraction des nébuleuses : sur toutes les surfaces de choc se produira d'abord une *concentration mécanique très rapide* de la matière nébuleuse avec émission de radiations calorifiques lumineuses et électriques. Les éléments ionisés auront leurs électrons dispersés dans les nébuleuses par les radiations ultraviolettes.

Les poussières solides seront réduites en vapeurs se mélangeant aux gaz des nébuleuses.

Mais le choc de courants de gaz ou vapeurs produit toujours des *tourbillons*. Par suite les masses nébuleuses concentrées par le choc s'amasseront en *tubes-tourbillons* qui assureront aux étoiles produites une rotation intense. Or Schawn et O. Struve, par l'élargissement de la raie $\lambda = 4481$ du magnésium ionisé, ont mesuré la vitesse équatoriale V de 60 étoiles géantes qu'ils ont trouvée égale en moyenne à 60 km/sec. J'ai dû admettre pour le proto-soleil une valeur voisine $V = 55$ km/sec.

Mais les *tubes-tourbillons stellaires*, instables au point de vue de la gravitation, devront se condenser vers leur centre de gravité. La durée de cette condensation sera très courte n'excédant pas 220 ans, si l'on prend pour

leur longueur de 200 à 400 $u''a''$ et une masse variant de une à cinq fois la masse solaire. Les parties du tourbillon au-dessus et au-dessous de l'équateur de l'étoile y arriveraient avec une vitesse variant de 42 à 94 km/sec. Le choc des parties nord et sud du tourbillon stellaire produirait donc une chaleur capable de donner à l'étoile une température effective de 2000° à 3000° et, par écrasement des masses au-dessus et au-dessous du plan équatorial, une pulsation périodique à volume ellipsoïdal constant.

Dans leurs trajectoires à travers les nébuleuses originelles, les étoiles auront attiré à elles les poussières noires et denses n'ayant rien à craindre de leur force répulsive de radiation qui repousse au contraire loin de leur sillage les gaz et poussières légères des nébuleuses. Après qu'un grand nombre d'étoiles auront sillonné les nébuleuses noires, celles-ci se réduiront à un résidu léger, à luminescence électrique dont les formes étirées et disloquées sont dues au passage des étoiles. Ce sont bien les nébuleuses amorphes lumineuses (densité $\Delta = 10^{-15\pm}$).

Appliquons les données qui précèdent à l'évolution du proto-soleil à partir de son stade de supergéant ($R = 215$ rayons solaires) en passant par le stade de géant ($R = 62,3\odot$) la valeur 62,3 étant le premier terme de la loi des distances planétaires lorsque s'est produite la Nova protosolaire, origine du système planétaire.

	R.	V.	Δ.	Pulsation T.	F.	θ.
Supergéant..........	215	16	10^{-7}	54^j	1 : 41	3000°
Proto-soleil géant....	62,3	55	10^{-5}	5,4	1	6000
Nova...............	62,3	55	10^{-5}	5,4	1	24000
Soleil nain..........	1	2	1,41	11,3 ans	1 : 12	6000

Observations. — F force centrifuge équatoriale prise pour unité au moment de la Nova protosolaire; V vitesse équatoriale.

On voit que le Soleil au moment de la Nova proto-solaire a passé par un stade où la force centrifuge équatoriale a été maxima, favorisant ainsi l'émission des anneaux planétaires. Mais si à ce stade, au lieu de rencontrer une nébuleuse noire, il avait continué son évolution qui l'avait déjà conduit à la forme d'ellipsoïde très aplati ($1/\alpha = 0,384$), il aurait pu réaliser la forme en *haltère* qui, selon Jeans, prélude à la scission en deux étoiles spectroscopiques.

La vitesse équatoriale V a été calculée en admettant la condensation suivant la loi des aires entre les stades de supergéant et de géant.

Entre le stade de proto-soleil et celui du Soleil actuel, l'énergie de rotation a dû se transformer en chaleur : la période de pulsation T du proto-soleil a été amortie rapidement par la masse de matière non pulsante captée par le proto-soleil en traversant la nébuleuse.

COSMOGRAPHIE. — *Sur l'unité de longueur employée dans les premières mesures de la circonférence terrestre.* Note de M. **André Berthelot**, présentée par M. R. Bourgeois.

Les cosmographes grecs ont fait deux tentatives pour mesurer la circonférence terrestre : Eratosthène aux alentours de l'an 226 av. J.-C.; Posidonios vers le début du premier siècle av. J.-C. Les chiffres obtenus furent très différents : 252000 stades par Eratosthène, 180000 par Posidonios. L'écart est tel qu'on s'est demandé s'ils avaient parlé le même langage, employé la même unité de mesure.

Dans l'antiquité, les mesures de longueur et de poids variaient d'un pays à l'autre, d'une cité à l'autre. A côté du stade égyptien de 300 coudées, $157^{m},50$, on avait le stade attique de 185^{m}, le stade olympique de 192^{m}, le stade philétère de 213^{m}, etc. Le problème est de reconnaître si Posidonios a employé la même unité, le même stade qu'Eratosthène. La solution est de grand intérêt car elle conditionne la valeur de l'ensemble des chiffres de la géographie mathématique de Ptolémée qui adopta la mesure et l'unité de Posidonios.

Eratosthène, comparant la hauteur du Soleil solsticial à Syène et Alexandrie, en conclut à un intervalle égal aux 5/252 du grand cercle terrestre. Se fondant sur les mesures des géomètres arpenteurs royaux, il évalua la distance à vol d'oiseau entre Syène et Alexandrie à 5000 stades, ce qui donnait 252000 stades pour la circonférence de la Terre (Strabon II, 5, 7 et II, 5, 34; Vitruve I, 6; Macrobe, Somn. Scip. I, 20; Martianus Capella, De nuptiis VI, 1).

On peut tenir pour certain que le stade d'Eratosthène est le stade égyptien de 300 coudées, $157^{m},50$. Entre autres preuves, nous avons l'origine de sa mesure empruntée aux documents officiels. Ses chiffres étaient très voisins de la vérité; de même ceux qu'il donna pour l'intervalle des parallèles d'Alexandrie et de Rhodes 3750 stades, soit $5°21'$ au lieu de $5°16'$; l'intervalle des méridiens de l'embouchure canopique du Nil et des

colonnes d'Hercule (Gibraltar) 21 500 stades (d'après Strabon) au lieu de 20 850.

L'opération de Posidonios a été relatée par Cléomède (*Meteora*, I, 10). Il observa la hauteur de l'étoile Canope (α du Navire) qui affleurait l'horizon à Rhodes et s'élevait à Alexandrie à 1/48 du grand cercle, autrement dit 7°30'. Il estima le trajet entre ces villes à 5000 stades et conclut pour la sphère terrestre au grand cercle de 240 000 stades.

Son travail était entaché de deux graves erreurs qui s'étaient presque compensées; exagération de près de 30 pour 100 de l'étendue du segment céleste; exagération de 24 pour 100 de la distance à vol d'oiseau entre les deux villes. Cette deuxième erreur dut être bientôt aperçue : la traversée de Rhodes à Alexandrie s'effectuait couramment et les navigateurs expérimentés savaient qu'elle était inférieure à 4000 stades. Eratosthène l'avait noté, signalant même le chiffre de 5000 comme déraisonnable.

Cléomède a fait toute réserve à ce sujet, ce qui ferait supposer qu'il a écrit du vivant de Posidonios et peu après sa première évaluation. « Le grand cercle, dit-il, a 240 000 stades s'il y en a 5000 depuis Rhodes, sinon en proportion de la distance ». Il fait pressentir la correction par laquelle Posidonios réduisit son chiffre à 180 000, ce qu'affirme formellement Strabon (II, 2, 2) : « si des plus récentes mensurations on prend celle qui fait la Terre très petite, telle que l'admet Posidonios, 180 000... ». Cette estimation représente 48 fois 3750 stades, c'est-à-dire la distance à laquelle avait conclu Eratosthène.

La minoration du chiffre de 240 000 admis d'abord à titre provisoire est résultée automatiquement de la rectification de la distance de base. Nul motif de supposer un changement d'unité puisque le chiffre accepté en fin de compte pour la longueur de base fut le chiffre même d'Eratosthène, calculé en stades égyptiens et très proche de la vérité mathématique (3800 stades). Pas un mot dans Strabon et Cléomède qui, l'un et l'autre, ont comparé leurs deux évaluations, ne peut étayer la conjecture d'un changement d'unité, d'une différence entre le stade d'Eratosthène et celui de Posidonios.

Ajoutons enfin que Ptolémée, qui a suivi Posidonios et adopté son degré de 500 stades, donne pour la distance fondamentale des cartes antiques, l'intervalle entre l'embouchure occidentale du Nil et les colonnes d'Hercule (Gibraltar), un chiffre très voisin de celui d'Eratosthène et qui implique l'emploi de la même unité de mesure. Il indique un intervalle de 53 degrés 30 minutes, qui, mesurés sur le degré moyen de l'Espagne et de l'Égypte,

valaient pour lui 21760 stades. Eratosthène disait 21500. Ptolémée, qui a recalculé toutes les positions intermédiaires, obtient un chiffre légèrement supérieur, manifestement exprimé selon la même unité. On peut donc affirmer que Posidonios et Ptolémée ont employé la même unité qu'Eratosthène, le stade égyptien de $157^{m},50$.

OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES. — *Sur les oscillateurs à lampe réglés près de la limite d'entretien.* Note de M. Y. **Rocard**, présentée par M. Ch. Fabry.

Considérons une lampe triode montée en oscillateur de Meissner : une bobine de self L, de résistance r, shuntée par une capacité c, figure dans le circuit plaque; une autre bobine, présentant une induction mutuelle M avec la première, attaque la grille. Autour du point moyen de fonctionnement, l'expression du courant i_p dans la plaque se développe suivant la formule

$$(1) \qquad i_p = a_1 V_p + a_2 V_g + a_{11} V_p^2 + a_{12} V_p V_g + a_{22} V_g^2 + a_{111} V_p^3 + a_{112} V_p^2 V_g + \ldots,$$

où les a sont des coefficients, V_p et V_g les parties variables des tensions plaque et grille respectivement.

Si l'on écrit l'expression du courant i qui passe dans la self L, on trouve que celui-ci satisfait à une équation de la forme

$$(2) \qquad i + A\frac{di}{dt} + B\frac{d^2i}{dt^2} = C\left(\frac{di}{dt}\right)^2 + D\left(\frac{di}{dt}\right)^3 + \ldots + Ei\left(\frac{di}{dt}\right) + Fi\left(\frac{di}{dt}\right)^2 + \ldots + Gi^2\left(\frac{di}{dt}\right) + \ldots.$$

Cette équation a déjà été considérée à plusieurs reprises, mais son étude est pénible, et l'on en a tiré peu de résultats.

Quand on examine l'expression des coefficients, on constate que les coefficients E, F, ... des termes où figure i à la puissance 1 sont proportionnels à r. De même G est proportionnel à r^2, etc. Si donc on suppose la résistance r faible devant la résistance $L\omega$, on peut remplacer l'équation (2) par l'équation beaucoup plus simple (3)

$$(3) \qquad i + A\frac{di}{dt} + B\frac{d^2i}{dt^2} = C\left(\frac{di}{dt}\right)^2 + D\left(\frac{di}{dt}\right)^3 + \ldots,$$

et l'on peut montrer que, pour un oscillateur à lampes réglé près de la limite d'entretien, l'équation (3) est tout aussi générale que l'équation (2); à des

termes négligeables près dans les équations, elle explique quantitativement les faits aussi bien que l'équation (1).

Dérivons (3) et posons $v = M\,di/dt$; v sera la tension à la grille, (3) devient

$$\omega^2 v - \varepsilon[1 - \alpha v - \beta v^2 - \gamma v^3 - \delta v^4 - \dots]v' + v'' = 0. \tag{4}$$

Cette équation est connue, c'est celle dont M. Van der Pol a tiré ses remarquables résultats concernant les oscillations de relaxation.

Dans le cas particulier d'un oscillateur réglé près de la limite d'entretien, ε est petit, et l'équation se prête à une résolution par approximations successives qui nous fournit la solution suivante pour le régime permanent :

$$\begin{aligned} v = {} & H\sin(\omega t + \varphi) + \frac{\varepsilon}{3\omega}\left(\frac{\alpha H^2}{2} + \gamma\frac{H^4}{4}\right)\sin(2\omega t + 2\varphi) \\ & - \frac{\varepsilon}{8\omega}\left(\frac{\beta H^3}{4} + \frac{3}{16}\delta H^5\right)\cos(3\omega t + 3\varphi) - \frac{\varepsilon}{15\omega}\left(\gamma\frac{H^4}{8}\right)\sin(4\omega t + 4\varphi), \quad \dots \end{aligned} \tag{5}$$

avec

$$H = \frac{2}{\sqrt{\beta}}\left[1 - \frac{\delta}{\beta^2} + 3,5\frac{\delta^2}{\beta^4} + \dots\right]. \tag{6}$$

Tenant compte des valeurs des coefficients ε, α, β, γ, négligeant δ, etc., nous obtenons les résultats suivants :

H_1, amplitude du fondamental, est égal à H, soit à une expression compliquée que nous n'écrirons pas. H_1 s'annule à la limite d'entretien.

H_3, amplitude de l'harmonique 3, est donné par

$$H_3 = -\frac{rc\omega\rho + L\omega + KM\omega}{8\rho}H_1. \tag{7}$$

K, coefficient d'amplification, ρ résistance interne de la lampe.

$$rc\omega\rho + L\omega + KM\omega < 0$$

est précisément la condition limite d'entretien, et l'écart à cette condition mesure la proportion d'harmonique 3.

La pulsation ω varie avec la proportion harmonique

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{Lc}}\sqrt{1 + \frac{r}{\rho} - \left(\frac{4H_3}{H_1}\right)^2}. \tag{8}$$

La mise en route de l'oscillateur à partir du repos met en jeu une certaine « constante de temps » donnée par

$$\theta = \frac{1}{\omega}\frac{H_1}{4H_3}. \tag{9}$$

On remarquera le caractère simple et général des relations (7), (8), (9). Nous montrerons, dans un travail plus étendu, que des relations très analogues subsistent pour des oscillateurs régis par des équations d'ordre plus élevé que 2.

MAGNÉTISME. — *Aimantation des poudres ferromagnétiques dans les champs faibles.* Note (¹) de M. **R. Chevallier**, présentée par M. M. Brillouin.

Maints composés binaires des métaux du groupe du fer se présentent sous forme de poudres ferromagnétiques. D'autre part le microscope révèle dans des milieux naturels, comme les basaltes ou les terres cuites, la présence de grains ferromagnétiques dilués dans une masse inactive. Ce sont de tels milieux hétérogènes que nous désignerons sous le nom général de poudre.

Leurs propriétés magnétiques dans un champ donné dépendent de la loi d'aimantation de la substance constituante, de la forme des grains et de leur dilution. Dans les champs intenses les deux derniers facteurs sont secondaires et la saturation s'observe comme pour une substance compacte; au contraire dans les champs faibles ils sont prépondérants et c'est le premier facteur dont l'influence s'efface, en sorte que les mesures effectuées dans les champs faibles peuvent donner des renseignements sur la forme des grains et leur distribution. Nous nous proposons de le montrer dans la présente Note pour une poudre schématique constituée de grains ellipsoïdaux d'un seul type et de susceptibilité constante k. Cette théorie a été développée en collaboration avec M. Jean Delsarte.

Considérons un grain ellipsoïdal, de coefficients démagnétisants LMN, placé dans un champ uniforme H de cosinus directeurs $\alpha\beta\gamma$ par rapport aux axes de l'ellipsoïde. La projection sur le champ H de l'intensité d'aimantation du grain sera

$$\mathfrak{J}_1 = \mathrm{H}\left(\frac{k\alpha^2}{1+k\mathrm{L}} + \frac{k\beta^2}{1+k\mathrm{M}} + \frac{k\gamma^2}{1+k\mathrm{N}}\right).$$

Une poudre de tels grains ellipsoïdaux, suffisamment dilués pour ne pas s'influencer et distribués sphériquement, prendra donc, suivant le champ, une aimantation moyenne par centimètre cube de substance ferromagné-

(¹) Séance du 11 avril 1932.

tique

$$\mathcal{J}'_1 = \frac{H}{3}\left(\frac{k}{1+kL} + \frac{k}{1+kM} + \frac{k}{1+kN}\right) = SH$$

ou, par centimètre cube de milieu hétérogène,

$$\mathcal{J}''_1 = sSH,$$

en appelant s le rapport du volume de constituant ferromagnétique au volume total.

Pour tenir compte, maintenant, de l'influence réciproque des grains, remplaçons autour de l'un d'eux le milieu discontinu des autres grains par un milieu continu, homogène, de même limite et possédant l'aimantation moyenne $\mathcal{J}''_1$ précédemment calculée. Appliquons cette méthode à un agglomérat de grains ellipsoïdaux, limité lui-même par un ellipsoïde E dont un axe est dirigé suivant le champ. Soit D le coefficient démagnétisant de E suivant cet axe. Considérons un grain quelconque G et supposons-le extrait du milieu; il existe dans la cavité ellipsoïdale qu'il occupait un certain champ qui comporte deux parties :

1° Un terme $H - D\mathcal{J}''_1$ dont le sens est évident;

2° Un champ dû à la densité répartie sur la surface de la cavité.

La projection de ce champ total sur l'axe Ox du grain est donc

$$H_x[1 + (L - D)S_s],$$

et le grain prend une aimantation dont la projection sur ce même axe est

$$\frac{k}{1+kL} H_x[1 + (L - D)S_s],$$

d'où l'on déduit la projection de cette aimantation sur le champ

$$\mathcal{J}_2 = H \sum \frac{k\alpha^2}{1+kL}[1 + (L - D)Ss],$$

somme étendue aux trois axes.

Prenant la moyenne de ces $\mathcal{J}_2$ pour tous les grains il vient :

$$(1) \qquad \mathcal{J} = \mathfrak{M}_s\rho = SH\left\{1 + s\left[1 - S\left(D + \frac{1}{k}\right)\right]\right\}.$$

C'est le moment moyen par centimètre cube de substance magnétique, soit $\mathfrak{M}_s\rho$ en désignant par $\mathfrak{M}_s$ le moment spécifique moyen et par ρ la densité.

La quantité S joue un rôle fondamental. Voici ses valeurs pour deux

susceptibilités, dans le cas d'un grain ellipsoïdal de révolution autour de l'axe a et de rapport d'axes : $m = a/b$.

m.	0,5.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
$k = \infty$	0,28	0,24	0,28	0,36	0,46	0,58	0,71
$k = 3$	0,25	0,22	0,25	0,32	0,37	0,43	0,48

Susceptibilité élevée. — La relation (1) se réduit à

$$(2) \qquad \mathfrak{M}_s\rho = \mathrm{SH}[1 + s(1 - \mathrm{DS})] \qquad \text{avec} \qquad 3\mathrm{S} = \frac{1}{\mathrm{L}} + \frac{1}{\mathrm{M}} + \frac{1}{\mathrm{N}}.$$

La susceptibilité k qui n'intervient qu'au premier ordre a disparu. Peu importe donc qu'elle soit constante ou non ; si elle est grande, les propriétés magnétiques de la poudre ne dépendent pas de la nature de la substance constitutive du grain, mais seulement de sa forme par S et de la concentration s de la substance ferromagnétique dans le milieu. Tant que k est assez grand, $\mathfrak{M}_s$ est d'ailleurs proportionnel à H.

On remarquera que S est minimum pour la sphère et varie très lentement quand le grain s'écarte de cette forme.

Si la poudre est dans un ballon sphérique, $\mathrm{D} = 4\pi/3$ et le coefficient de s est toujours négatif sauf pour les grains sphériques où il est nul.

Le moment spécifique est alors indépendant de la dilution supposée grande ; il est fourni par la relation $\mathfrak{M}_s\rho = 0{,}24\ \mathrm{H}$.

L'expérience le vérifie pour un ballon rempli de billes d'acier. Bien plus de nombreuses poudres de magnétite ou d'oxyde ferrique ferromagnétique s'aimantent suivant cette loi avec une susceptibilité apparente de l'ordre de 0,24.

Susceptibilité faible. — La constante S décroît avec k mais très lentement comme le montrent les quelques chiffres cités. Si d'ailleurs la susceptibilité est faible et variable, $\mathfrak{M}_s$ n'est plus linéaire en H. En tout cas, il importe de noter que pour un grain sphérique *homogène* et une poudre diluée, la susceptibilité apparente dans les champs faibles ne saurait dépasser 0,24.

Mais il peut arriver que des grains en apparence sphériques, ne soient pas *homogènes*. Chacun d'eux par exemple peut être un aggloméral sphérique de bâtonnets séparés par des vides. En ce cas le moment spécifique d'un tel grain poreux peut être très supérieur à celui d'un grain homogène. Un volume sphérique de cette poudre conservera un moment spécifique indépendant de la dilution $\mathfrak{M}_s = \mathrm{S'H}/\rho$, mais S' sera très supérieur à 0,24.

La magnétite précipitée en fournit un exemple.

IONISATION DES GAZ. — *Les électrons libres des gaz ionisés dans le champ magnétique.* Note de MM. **Th. V. Ionescu** et **C. Mihul**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note précédente nous avons étudié l'influence du champ magnétique sur la conductibilité des gaz ionisés [1] à pression constante. Nous avons continué cette étude sur l'air et l'hydrogène, pour des pressions comprises entre 10^{-5} et $1,5 \times 10^{-1}$ mm Hg.

D'après les résultats de nos mesures, nous avons calculé, à l'aide de la formule de Pederseen [2]

$$\sigma = \frac{Ne^2}{m}\left[\frac{\nu}{\nu^2+\left(\omega-\frac{e}{m}H\right)^2}\right],$$

le nombre des chocs des électrons libres avec les molécules du gaz. En appliquant cette formule et nous bornant à considérer dans chaque cas la partie de la courbe qui n'est pas affectée par les électrons attachés aux molécules, nous avons constaté qu'elle redonne bien les courbes expérimentales $\sigma = f(H)$.

D'une série complète de mesures, déjà publiées [3], nous avons déduit les valeurs de ν pour les diverses longueurs d'onde à pression constante.

Tableau I.

λ(cm) ..	234.	260.	306.	450.	588.	670.
ν	14×10^7	$13,8 \times 10^7$	$10,3 \times 10^7$	$8,4 \times 10^7$	$8,7 \times 10^7$	$8,6 \times 10^7$

Nous avons fait ensuite deux séries de mesures, pour des pressions comprises entre 10^{-5} et $1,5 \times 10^{-1}$ mm de mercure et pour $\lambda = 460^{cm}$: une série pour l'hydrogène et l'autre pour l'air. Nous avons ensuite complété ces mesures par celles des vitesses moyennes d'agitation des électrons dans le tube, d'après la méthode de Langmuir avec et sans champ magnétique.

A l'occasion nous avons constaté que la vitesse moyenne des électrons varie avec l'intensité du champ magnétique; on peut le voir dans le Tableau II qui suit.

Le rapport du nombre des ions positifs à celui des électrons croît avec l'intensité du champ magnétique.

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 70.

(2) *The propagation of radio. Waves* (*Danemarks Naturvidenskabelige Samfund*, Copenhagen, 1927, p. 102).

(3) *Loc. cit.*

TABLEAU II.

Air : $p = 4 \times 10^{-3}$ mm Hg.

H gauss.........	0	10	20	30	40	50	70	90
v volts..........	132	164	156	136	124	116	86	76

Hydrogène : $p = 1 \times 10^{-3}$ mm Hg.

H gauss...............	0	5	20	30	40	50	75	92
v volts................	38	39	40	38	36	31	25	25

Dans le Tableau III sont réunis les résultats de nos mesures à diverses pressions (p). Ils comprennent : le nombre des chocs ν; la vitesse des électrons v_L en cm/sec, obtenue d'après la méthode de Langmuir; leur libre parcours moyen $l = v_L/\nu$; ensuite l_c le libre parcours moyen et le nombre des chocs des électrons ν_c déduit de la théorie classique (en admettant que les électrons sont en équilibre avec les molécules du gaz); enfin ν_m le nombre des chocs en admettant pour les électrons les vitesses déduites de nos mesures; et les libres parcours moyens donnés par la théorie classique (théorie cinétique des gaz).

TABLEAU III.

Hydrogène.

p^{mm} Hg.	ν.	v_L.	$l = v_L/\nu$.	l_c.	$\nu_c = v_m/l_c$.	$\nu_m = v_L/l_c$.
$1,5.10^{-1}$	$1,86.10^8$	–	–	0,344 cm.	$3,3\ .10^7$	–
$7\ .10^{-2}$	1,95 »		1,7 cm.	0,74 »	1,54 »	$4,5\ .10^8$
6,7 »	2,1 »	$3,3.10^8$	1,57 »	0,77 »	1,48 »	4,3 »
5 »	3,1 »		1,0 »	1,03 »	1,10 »	3,2 »
4 »	2,5 »	3,4 »	1,36 »	1,29 »	0,88 »	2,6 »
1,55 »	2,66 »	3,6 »	1,35 »	3,33 »	0,34 »	1,1 »
$9,5.10^{-3}$	2,3 »	3,7 »	1,61 »	5,43 »	0,21 »	0,7 »
5,5 »	1,6 »	3,9 »	2,45 »	9,75 »	0,12 »	0,4 »
2,3 »	1,24 »	4,0 »	3,2 »	22,4 »	0,05 »	0,18 »

Air.

p^{mm} Hg.	ν.	v_L.	$l = v_L/\nu$.	l_c.	$\nu_c = v_m/l_c$.	$\nu_m = v_L/l_c$.
$.10^{-2}$	$1,28.10^8$	$2,3.10^8$	2 cm.	0,58 cm.	$1,96.10^7$	$4\ .10^8$
4,2 »	2,26 »	2,1 »	0,95 »	0,69 »	1,65 »	3 »
3 »	3,20 »	1,8 »	0,56 »	0,97 »	1,17 »	1,86 »
1,5 »	2,12 »	2,8 »	1,33 »	1,93 »	0,59 »	1,45 »
1 »	1,95 »	3,3 »	1,7 »	2,9 »	0,39 »	1,14 »
$5,2.10^{-3}$	1,68 »	4,2 »	2,5 »	5,6 »	0,20 »	0,75 »
4 »	1,42 »	5,0 »	3,5 »	7,3 »	0,16 »	0,7 »
$2\ .10^{-4}$	0,71 »	7,2 »	10,0 »	3,6 »	0,03 »	0,2 »

Le Tableau I montre que le nombre des chocs ν décroît avec la longueur d'onde.

Le Tableau III montre que la vitesse v_L varie avec la pression : pour l'air, elle passe par un minimum pour une pression voisine de 3×10^{-2} mm Hg ; pour l'hydrogène, elle décroît lorsque la pression augmente. Nos expériences ont montré également que la résonance s'observe pour des champs magnétiques plus faibles lorsque la pression augmente. Pour l'air, ce déplacement passe par un minimum pour $p = 3 \times 10^{-2}$ mm. On peut observer que ν passe également par un maximum pour l'hydrogène à une pression $p = 5 \times 10^{-2}$ mm Hg, et pour l'air à $p = 3 \times 10^{-2}$ mm Hg. Pour ces pressions, le libre parcours moyen passe par un minimum. Tout se passe comme si le diamètre des molécules intervenant dans ces phénomènes était variable avec la pression. En comparant les valeurs de ν et de ν_m, nous voyons qu'elles sont du même ordre de grandeur tandis que la théorie classique donne des valeurs de 5 à 250 fois plus petites.

Nos expériences montrent donc que les diamètres des molécules intervenant dans les chocs avec les électrons, quoique variables avec la pression, sont du même ordre de grandeur que ceux donnés par la théorie classique ; tandis que les vitesses moyennes des électrons sont celles qu'on calcule par la méthode de Langmuir.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Sur la constitution de l'oxyde des redresseurs et des cellules photo-électriques à base d'oxyde cuivreux.* Note [1] de M. **Léon Dubar**, présentée par M. Paul Janet.

J'ai montré [2] que l'oxyde cuivreux, obtenu à chaud et constituant un conducteur médiocre, pouvait acquérir une résistivité considérable par chauffage prolongé en vase clos en présence de cuivre métallique. On peut s'arrêter à toutes les résistivités intermédiaires. J'ai désigné les deux termes extrêmes sous les noms d'oxyde conducteur et d'oxyde semi-isolant. Le premier, dans lequel l'effet photo-électrique interne est masqué par la grande conductivité permanente, constitue la couche extérieure des redresseurs. Le second, qui manifeste une grande variation relative de la conductivité avec l'éclairement, forme vraisemblablement la

[1] Séance du 11 avril 1932.

[2] L. Dubar, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 341.

mince pellicule hypothétique, appelée couche d'arrêt, située immédiatement au contact du cuivre dans les redresseurs et cellules.

La présente Note a pour objet de résumer les premiers résultats de recherches entreprises en vue de déterminer la constitution de ces oxydes et d'établir la cause de leurs propriétés différentes. Plusieurs méthodes ont été employées dans ce but :

1° *Analyse chimique.* — Un échantillon d'oxyde était pesé avant et après réduction par l'hydrogène. La composition trouvée pour l'oxyde conducteur correspond à Cu^2O aux erreurs d'expérience près. S'il contient de l'oxygène en excès, ce qui est probable, c'est dans une proportion qui est certainement inférieure à celle de la formule $Cu^2O + 1,5/100\,CuO$.

2° *Analyse microscopique.* — L'attaque violente par l'acide nitrique concentré donne des surfaces suffisamment lisses pour permettre l'examen de fines lames par transparence au microscope ordinaire. Il est indispensable pour cela que le condenseur soit bien réglé. On observe alors, uniquement dans l'oxyde conducteur, de petits cristaux aciculaires maclés opaques, de quelques centièmes de millimètre de dimension et dont on peut mettre au point les différentes parties en déplaçant le tube du microscope. Ces cristaux sont complètement absents de l'oxyde semi-isolant qui paraît contenir de nombreuses vacuoles sphériques. Cette différence d'aspect microscopique est nettement caractéristique.

3° *Analyse cristallographique par les rayons* X. *Méthode des poudres de Debye-Scherrer.* — L'oxyde conducteur, l'oxyde semi-isolant, la cuprite, l'oxyde obtenu par voie humide en réduisant l'acétate de cuivre par la glucose à l'ébullition, présentent des spectres rigoureusement identiques et exactement superposables, sans raies d'oxyde cuivrique.

4° *Dépôt électrolytique sur l'oxyde conducteur.* — Lorsqu'on essaie de recouvrir électrolytiquemeut d'un dépôt métallique un échantillon d'oxyde, on constate que le dépôt se porte d'abord à la jonction des cristaux. On peut ainsi construire une cellule photo-électrique à grille dont les mailles sont microscopiques, en recouvrant d'un très léger dépôt électrolytique d'argent une lame de cuivre oxydé.

5° *Résistance des cristaux individuels.* — Pour se faire une idée, au moins sommaire, de la résistance des cristaux individuels, on a choisi un morceau d'oxyde conducteur à très grands cristaux. (On obtient des cristaux de plusieurs millimètres en prolongeant le chauffage au cours de la fabrication de l'oxyde.) En explorant la surface de l'échantillon avec une électrode constituée par une fine aiguille, on constate que, quel que soit le point

touché, centre ou bord d'un cristal, le courant traversant l'échantillon est toujours incomparablement plus élevé, pour une même tension, qu'à travers un échantillon témoin d'oxyde semi-isolant.

6° *Résistance des poudres comprimées.* — Cet essai ne peut être que grossièrement indicatif, trop de variables entrant en jeu. Les oxydes conducteur et semi-isolant, broyés en poudre fine et triés par suspension dans l'eau, étaient composés de grains de la dimension de quelques microns. A titre de comparaison, on a utilisé également de l'oxyde obtenu par voie humide en réduisant à l'ébullition une solution d'acétate de cuivre par la glucose. Voici un exemple des résultats obtenus :

Cu^2O obtenu par voie humide.........	6.000 mégohms, bon isolant
Cu^2O semi-isolant....................	1,5 mégohm
Cu^2O conducteur.....................	50.000 ohms

Interprétation et conclusion. — Les essais 1 et 3 montrent, avec 6, que le Cu^2O peut être complètement isolant et que la substance hypothétique, cause de la conductibilité, s'y trouve disséminée en très petite quantité. On n'a aucun renseignement sur la nature de cette substance qui consiste vraisemblablement en oxygène en excès, peut-être sous forme de CuO.

L'essai du dépôt électrolytique (4) laisserait supposer que la matière conductrice forme un réseau dans les intervalles des cristaux.

Les essais 5 et 6 infirment cette manière de voir en montrant que la conductibilité élevée subsiste dans des grains d'oxyde conducteur de la dimension de quelques microns.

L'essai 2, analyse microscopique, donne une méthode de triage, mais la dimension des cristaux opaques observés et leur grande dispersion montre qu'ils ne peuvent être cause de l'augmentation de conductibilité.

La matière hypothétique, cause de la conductibilité, ne peut se trouver dans l'oxyde qu'à l'état de solution solide, ou peut-être de solution colloïdale.

OPTIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de mesure des très petits angles de rotation.* Note [1] de M. **G. Siadbei**, présentée par M. A. Cotton.

La méthode de Poggendorff pour la mesure des angles de rotation présente, lorsqu'il s'agit de très petits angles, des difficultés sérieuses; on

[1] Séance du 7 mars 1932.

doit, en ce cas, trouver des dispositifs nouveaux pour avoir toute la précision nécessaire.

Marcel Brillouin (¹) a réalisé un ingénieux appareil pour la mesure de ces angles de rotation; celui-ci permet d'obtenir un déplacement d'une frange d'interférence pour un angle de rotation de presque une minute (58″). En mesurant la centième partie de l'intervalle entre les franges, on arrive à mesurer des angles de rotation de 0,5 seconde.

Nous avons trouvé une méthode pour la mesure des déplacements angulaires qui permet l'évaluation des valeurs plus petites encore. Cette méthode permet la mesure visuelle ou l'enregistrement continu par un dispositif photographique; elle ne peut être appliquée que dans le cas des rotations s'effectuant autour d'un axe horizontal.

La partie essentielle de notre dispositif est constituée par un niveau à bulle d'air solidaire de la pièce dont on veut mesurer l'angle de rotation. Une source de lumière envoie un faisceau étroit et horizontal qui est dirigé par un prisme à réflexion totale sur la bulle d'air; après réflexion sur la surface de contact air-liquide, le faisceau lumineux est renvoyé en haut et un autre prisme à réflexion totale le dirige dans une lunette. Un micromètre oculaire permet de suivre les déplacements du point lumineux.

Ce dispositif permettra de placer toujours de la même façon un appareil devant être transporté dans divers lieux; il peut servir aussi aux appareils de pointage des pièces d'artillerie si l'on veut avoir plusieurs coups dans des conditions de tir semblables.

La grande sensibilité du procédé résulte du fait que la bulle d'air a une surface de contact avec le liquide très courbe. Lorsque le niveau tourne la bulle d'air, en se déplaçant, présente au faisceau lumineux incident une surface réfléchissante dont la partie utilisée tourne d'angles beaucoup plus grands que le niveau lui-même.

Considérons par exemple le cas d'un niveau médiocre produisant un déplacement de la bulle d'air de 1^{mm} pour une rotation d'une minute, soit 6″ pour $0^{mm},1$. Si le rayon de la surface liquide est 1^{cm}, $0^{mm},1$ correspond à une rotation de 2° environ du rayon réfléchi, soit 1200 fois 6″.

Cette méthode a été expérimentée par nous avec un niveau donnant un déplacement de 3^{mm} pour un angle d'une minute et ayant une bulle d'air de 4^{cm}. Le niveau a été placé sur un support en acier en forme de T formé de barres de section carrée ayant 15^{mm} de côté. Chaque

(¹) MARCEL BRILLOUIN, *Comptes rendus*, 137, 1903, p. 786.

extrémité du barreau transversal porte deux tiges terminées par des pointes reposant sur un bloc de verre. Ces pointes constituent ainsi l'axe de rotation du niveau. L'autre extrémité du T soigneusement taraudée porte une vis rectifiée ayant un pas de 1^{mm}; un miroir placé sur l'axe de la vis permet de connaître ses rotations par la réflexion d'un faisceau de lumière; ce faisceau est renvoyé sur un cercle gradué dont le centre se trouve sur l'axe de rotation de la vis. On peut ainsi apprécier la 1/7000e partie du tour de la vis.

On sait que lorsque la lumière se réfléchit de l'air sur l'eau une fraction égale à seulement 0,02 de la lumière incidente sera réfléchie; de plus la lumière réfléchie par la surface du tube de verre est très gênante. Cela nous a obligé à diriger le faisceau lumineux sur une des extrémités de la bulle où la courbure de la surface est beaucoup plus grande et où l'on trouve aisément des surfaces produisant des réflexions plus intenses. On élimine la lumière réfléchie par la paroi du tube en dirigeant le faisceau incident verticalement et en disposant la lunette d'observation obliquement.

Avec l'appareil servant aux essais on pouvait utiliser sur la bulle des régions telles que, lorsque le niveau tournait de 2 secondes, le faisceau réfléchi utilisé tournait de 1 degré. Mais il ne faut pas choisir une amplification aussi grande si l'on veut pouvoir pointer le faisceau lumineux réfléchi avec assez de précision. C'est une amplification de 400 environ qui dans les conditions de nos expériences paraissait la plus avantageuse : nous avons pu dans ces conditions mesurer un angle égal à $0'',27$.

OPTIQUE. — *Sur l'effet Raman dans les solutions salines.* Note de M. **A. Silveira**, présentée par M. Jean Perrin.

Le présent travail, a pour but de mettre en évidence, si possible, des fréquences propres de vibrations d'édifices moléculaires existant dans les solutions salines, comme peuvent l'être des hydrates d'ions ou des ions complexes.

Du point de vue expérimental les efforts ont porté principalement sur trois points :

1° Afin de donner aux liquides une pureté optique aussi parfaite que possible nous avons employé le procédé d'ultrafiltration de Malfitano [1];

---

[1] Malfitano, *Comptes rendus*, 139, 1904, p. 1221; *J. Ch. Phys.*, 19, 1921, p. 32; Sigaud, *Ann. de l'Inst. Pasteur*, 53, 1929, p. 190.

2° Afin d'éviter la superposition de raies ou de bandes d'origines diverses, la lumière de la source (brûleur à vapeur de mercure) a été filtrée de manière à suprimer les radiations les plus réfrangibles du spectre, notamment 4046 Å, tout en conservant la raie 4358 Å.; l'écran filtrant utilisé est une solution concentrée de sulfate de quinine; cette dernière précaution s'est montrée particulièrement importante;

3° Pour éliminer toute lumière parasite, provenant surtout des parois du tube contenant les solutions, nous avons placé entre celui-ci et la fente un tube protecteur à diaphragmes échelonnés.

Nous avons utilisé un spectrographe du type Bouty-Cojan, mais dont l'objectif de chambre avait été remplacé par celui d'un épidiascope Zeiss, ouvert à f/4,5 et de 30^cm de foyer.

Les solutions étudiées jusqu'à présent sont celles des chlorure, nitrate et chlorate de magnésium. La raison de ce choix est que l'ion Mg, à cause de sa charge notable et de son petit rayon, est capable de fixer rigidement, par action électrostatique, un certain nombre de molécules d'eau et, par suite, de former des hydrates relativement stables. D'autre part les sels de magnésium ne s'hydrolysent pas notablement.

La concentration des solutions était voisine de la saturation, ce qui correspond à peu près à 10 molécules d'eau par ion Mg.

Les spectrogrammes ont montré de façon nette deux raies : une première, importante, qui correspond, dans le chlorure, à un nombre d'ondes $\Delta\nu = 1652\,\text{cm}^{-1}$ et dans le nitrate à $1655\,\text{cm}^{-1}$; elle n'apparaît pas dans le chlorate.

Bien entendu, nous avons fait sur l'eau pure des clichés de comparaison, d'où cette raie est rigoureusement absente. Malgré son intensité, qui la classe parmi les raies Raman moyennes, elle a échappé jusqu'à présent aux observateurs, parce qu'elle se superpose à la bande de l'eau excitée par 4046 Å.

Son intensité et sa présence dans le chlorure nous interdisent de la considérer comme le premier harmonique de la fréquence $\Delta\nu = 830\,\text{cm}^{-1}$ de l'ion NO^3, qui a été observé seulement dans le nitrate de sodium cristallisé, où il est extrêmement faible. Il est impossible de l'attribuer à des molécules non dissociées de $MgCl^2$ dont les fréquences caractéristiques seraient plus petites.

Les faits conduisent donc à lui donner pour origine les vibrations d'un complexe formé par l'ion Mg, très probablement un hydrate. Quant aux

solutions de chlorate, aux fortes concentrations étudiées, leur structure paraît différente.

La seconde raie, qui se classe parmi les faibles ou très faibles, se trouve également dans les deux solutions, peut-être dans le chlorate, et sûrement pas dans de l'eau. Elle correspond à $\Delta\nu = 376$ cm^{-1}.

On voit donc que l'effet Raman nous donne des renseignements nouveaux et précieux sur la constitution des solutions et notamment des solutions concentrées, sur lesquelles nous savons si peu de chose.

Les positions qui avaient été prévues pour les raies d'hydrates ne coïncident pas tout à fait avec celles qui ont été observées. Il faut attendre de nouveaux résultats expérimentaux pour préciser l'interprétation théorique.

FLUORESCENCE. — *Sur les termes antistokes dans le spectre de fluorescence de* I_2. Note de M. **J. J. Agarbiceanu**, présentée par M. A. Cotton.

Lorsqu'il s'agit d'attribuer des nombres quantiques aux niveaux de vibration v' d'une molécule, les termes antistokes de la série du spectre de fluorescence dont le premier membre est le plus reculé vers les courtes longueurs d'onde jouent un rôle important. Dans le cas de la vapeur d'iode par exemple, le fait que la série excitée par la raie verte du mercure 5461 d'un arc Cooper-Hewitt en verre ne contenait pas des termes antistokes, a permis ([1]) de poser la relation : $v'' = n_1 = p$, entre v'' nombre quantique de vibration de l'état non excité et n_1 et p, paramètres de Mecke ([2]); n_1 intervient dans la formule qui donne les têtes de bandes du spectre d'absorption et p dans la formule de la série fondamentale des doublets du spectre de fluorescence. Nous avons spécifié qu'il s'agit d'une excitation avec la raie 5461 d'un arc Cooper-Hewitt en verre parce que d'après les travaux de Wood et Kimura ([3]) cette raie, à cause des conditions de fonctionnement de la lampe, ne couvre qu'une ligne d'absorption du spectre de I_2, tandis que dans le cas d'une lampe en quartz la largeur de la raie couvre environ sept lignes d'absorption. [Sur les conséquences d'une largeur si considérable, environ 1,3 cm^{-1}, voir Turner ([4]).]

([1]) F. W. Loomis, *Phys. Rev.*, 29, 1927, p. 112.

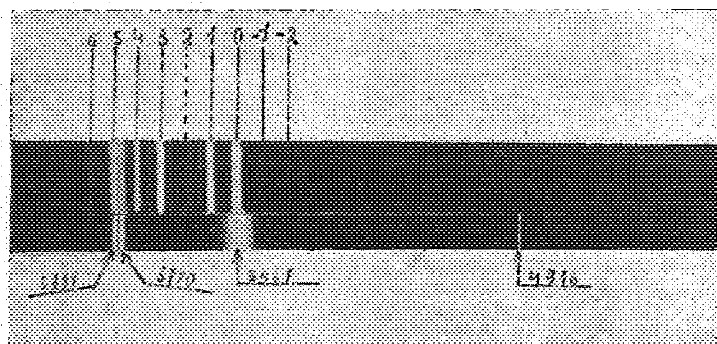
([2]) R. Mecke, *Zeits. f. Phys.*, 7, 1921, p. 73, et *Ann. d. Phys.*, 71, 1923, p. 104.

([3]) Wood et Kimura, *Phil. Mag.*, 6e série, 35, 1918, p. 252; Wood, *Researches in Phys. Optics*, 2.

([4]) L. A. Turner, *Zeits. f. Phys.*, 65, 1930, p. 480.

Les considérations que nous venons de rappeler ici ont conduit Loomis [1] à écrire : « La série fondamentale des doublets ne s'étend pas dans la région antistokes, puisque des poses prolongées faites par Wood avec excitation Cooper-Hewitt, poses qui ont donné sur les plaques les termes positifs avec une grande intensité, n'ont donné aucune trace de la série fondamentale des doublets dans les termes négatifs (antistokes). » Il conclut que v'' doit avoir, dans ce cas, la valeur la plus basse (zéro). Il se demande enfin quelle est la cause du groupe (— 1) du spectre excité par une lampe en quartz.

Or nous avons utilisé pour l'excitation de la fluorescence de la vapeur de l'iode un montage analogue à celui décrit par M. Hulubei et Mlle Cauchois [2] pour les spectres Raman. La source était une lampe Cooper-



Hewitt, en verre, type H.10, courant continu, 3,4 ampères maxima, longueur du tube lumineux 10^{cm} environ. La lampe était placée verticalement et le tube à iode, dont l'extrémité était à 15^{cm} environ de la lampe, horizontal. On utilisait un spectrographe Hilger ordinaire (F.:15). Dans ces conditions nous avons fait des poses allant de 30 minutes à 48 heures. Sur les plaques exposées 30 minutes on obtient les termes d'ordre (0), (1), (3), (5) (notation de Wood). Sur les plaques exposées 24 heures et 48 heures on obtient aussi les termes antistokes (— 1) et (— 2).

La figure reproduit d'une façon fort imparfaite le positif agrandi d'une plaque exposée 48 heures et, en dessous, le spectre (surexposé) de la source. Les raies qui ne sont pas marquées, dans le tableau qui suit, d'un astérique, sont nettes et bien définies sur la plaque photographique. La lumière directe de la source excitatrice est soigneusement évitée dans ce système

(1) *Loc. cit.*

(2) H. Hulubei et Mlle V. Cauchois, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 935.

d'éclairage. Par exemple la raie du mercure 4916 qui est assez forte ne donne aucune trace sur la plaque exposée 48 heures; la raie faible 5366 non plus; cette raie n'apparaît pas même après une pose de 72 heures (tube non vidé).

Le tableau suivant donne, à quelques unités Ångström près, les longueurs d'onde des raies qu'on peut mesurer sur le cliché. Les membres de différents ordres (notation de Wood pour la série excitée par la raie 5461) servent de repères dans ce tableau.

Ordre.	λ.	Ordre.	λ.
—2.........	5343	1	5578*
	5372*		5599*
—1.........	5400		5626
	5418	3.........	5660
	5438		5683
0.........	5461	4.........	5726
	5481*		5748* (?)
	5505		5770
1.........	5525	5.........	5792
	5550	6.........	5864

Les longueurs d'onde des ordres (— 2), (— 1), (0), (1), ..., (6) coïncident, dans la limite des erreurs possibles, avec les valeurs données par Wood et d'autres auteurs.

L'existence dans la série excitée par la raie verte de l'arc Cooper-Hewitt en verre, des termes antistokes, montre qu'on ne peut pas attribuer réellement au niveau final de vibration de l'ordre (0) ($\lambda = 5461$) le nombre quantique v'' égal à zéro. Autrement dit, on doit descendre de ce niveau de deux unités quantiques (v) encore, au moins, pour arriver au niveau de vibration le plus bas de la molécule non excitée.

Nous publierons ailleurs des remarques sur les autres raies du cliché.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur un exemple de la mobilité des atomes radioactifs sur les surfaces des corps solides*. Note de M. H. Jedrzejowski, présentée par M. Jean Perrin.

MM. Vollmer et Estermann (¹) ont les premiers mis en évidence la mobilité des atomes des corps solides sur les surfaces des corps solides. Un essai d'étude quantitative de ce problème a été fait ensuite par Vollmer et Adhi-

(¹) *Zeits. f. Phys.*, 7, 1931, p. 13.

kari [1] qui ont calculé la résistance de frottement de molécules de benzophénon sur la surface du verre. Mlle E. Montel [2] a expliqué la pénétration des atomes du polonium à travers les feuilles minces de plomb par la mobilité des atomes suivant les failles des cristaux de plomb.

J'ai repris l'étude de ce phénomène par le procédé expérimental suivant. Sur les feuilles minces de platine j'ai distillé du polonium en donnant au dépôt la forme d'un cercle d'environ 5^{mm} de diamètre, bien délimité par un diaphragme. La source préparée a été ensuite fortement appliquée contre la couche sensible d'une plaque photographique à l'aide d'un poids de quelques kilogrammes. Après la pose qui durait ordinairement deux jours, la source dont l'activité a été mesurée, est transportée dans un tube de quartz placé dans un four électrique où on la laisse à une température fixe pendant trois heures; la photographie suit et on recommence l'expérience à une autre température. La série des expériences terminée (quand le polonium est déjà dispersé sur toute la surface de la feuille de platine et on peut distinguer les groupements) on étudie les images de la source sur une plaque à l'aide d'un comparateur ce qui permet de suivre quantitativement la diffusion des atomes du polonium sur la surface du platine.

Le tableau I contient les résultats d'une série des expériences définitives. La première ligne contient les accroissements Δ en millimètre du diamètre des images (la moyenne de six mesures en deux directions perpendiculaires); la seconde, les températures absolues T du four pendant le chauffage.

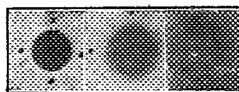
Après le chauffage à la température de 910°K., le polonium a été presque uniformément dispersé sur toute la surface du platine, et même il a passé de l'autre côté. Environ 0,1 de l'activité initiale a été évaporé totalement; sur la surface primitivement activée, il est resté environ 0,6, et sur la face opposée environ 0,3 de l'activité initiale. Jusqu'à $T = 873°$I., l'activité de la source n'a pas diminué, et après le chauffage à $T = 898°$K., l'activité est légèrement tombée de 8,47 à 8 (unités arbitraires). L'expérience de contrôle exécutée avec une source chauffée à 970°K. sans chauffage à des températures intermédiaires, a donné une perte d'un tiers de l'activité initiale; un tiers a été dispersé sur chaque face de la feuille de platine. Sur la figure 1, on a : 1^a l'image initiale, 1^b l'image après le chauffage, 1^c l'image de la source dispersée.

Ces faits semblent démontrer que nous avons ici un phénomène pendant

---

(1) *Zeits. f. phys. Chemie*, **119**, 1926, p. 46.
(2) *Journ. de Phys.*, **10**, 1929, p. 78.

lequel les atomes du Po diffusent véritablement sur la surface du platine sans passer par la phase gazeuse. On comprend difficilement comment les atomes de Po évaporé pourraient se déposer sur la surface du platine, et même sur la face opposée de la feuille. Comme on le sait, le platine se distingue par la facilité avec laquelle il fixe les atomes de polonium, mais



cette propriété ne suffit pas à expliquer les faits observés surtout si l'on réfléchit qu'à la température de 970°K. la situation privilégiée du platine vis-à-vis du quartz est certainement moins accentuée qu'aux températures plus basses. Malgré cela la plus grande partie de l'activité initiale est restée sur la face opposée de la feuille.

Tableau I.

Δ	0,01	0,03	0,27	1,1
T	748	823	873	898
D	2×10^{-6}	18×10^{-6}	$17,6\times10^{-4}$	$2,42\times10^{-2}$

Les nombres de la troisième colonne représentent les coefficients de diffusion « à deux dimensions » des atomes de Po sur une surface de Pt. Ils ont été évalués de la manière suivante. En appliquant les lois de la diffusion aux phénomènes observés et en se bornant au cas où l'élargissement du cercle primitif est petit, on trouve que le carré du déplacement moyen des atomes dans le sens du rayon est égal à une expression de la forme $a\mathrm{D}t$, a — étant une constante, D le coefficient de diffusion et t le temps. La valeur de la constante a dépend ce ce qu'on entend par le déplacement moyen. Dans tous les cas c'est un nombre voisin de 1. D'autre part, quelle que soit la définition du déplacement moyen. il est clair que la grandeur $\Delta/2$ déterminée expérimentalement est du même ordre de grandeur et peut servir par conséquent à l'évaluation approchée du coefficient de diffusion. Les nombres D de la troisième ligne ont été calculés en posant $(\Delta/2)^2 = \mathrm{D}t$. J'ai vérifié d'ailleurs directement la validité de $(\Delta)^2 = \mathrm{C}t$, C étant une constante à une température donnée. Deux sources de polonium ont été chauffées dans les mêmes conditions ($\mathrm{T} = 873°\,\mathrm{K}$); l'une pendant 1 heure et l'autre pendant 4 heures. L'accroissement du diamètre de la source a été respectivement de $0^{\mathrm{mm}},085$ et de $0^{\mathrm{mm}},2$ ce qui s'accorde bien, dans les limites des erreurs possibles, avec la loi $\Delta^2 = \mathrm{C}t$. Le coefficient

moyen de diffusion D d'après ces expériences est de $(2 \times 10^{-3}\ \mathrm{cm}^2)$ jour.

Des expériences semblables faites avec des sources préparées sur feuilles d'or ont donné, même après le chauffage à la température de 1000° C., les images nettes du diaphragme sans accroissement appréciable. Autour de cette image nette on peut distinguer un certain « halo » mais les nombres obtenus ne peuvent pas se ranger d'une façon raisonnable pouvant suggérer une loi de diffusion. Il semble que dans ce cas là l'évaporation du polonium est un phénomène prépondérant. Une expérience avec le mica comme support a démontré que la source au contraire, déjà après le chauffage à une température d'environ 440° C., a perdu presque toute son activité; le reste, environ 0,2 de l'activité initiale a été dispersé sur toute la surface de mica.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *L'existence des neutrons et la constitution des noyaux atomiques légers.* Note de M. **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans un très intéressant travail sur les possibilités de formation des noyaux atomiques, G. Fournier ([1]) avait été conduit à admettre que les protons et électrons nucléaires non engagés dans des « hélions » (particules α) s'unissent par couple pour former des *neutrons*, de sorte qu'il ne resterait jamais à la fois de protons et d'électrons libres dans un noyau.

La découverte par Irène Curie et F. Joliot ([2]) d'un effet de projection des noyaux atomiques légers par les radiations ultrapénétrantes du glucinium soumis à un rayonnement α, découverte qui donne pour la première fois des raisons expérimentales sérieuses pour croire à l'existence de neutrons de masse atomique voisine de 1 ([3]), rend très vraisemblable l'hypothèse de G. Fournier.

1. Je voudrais montrer ici que les formules de constitution nucléaire qui résultent de ces idées expriment d'une façon assez frappante les phénomènes de radioactivité provoquée sur les éléments légers, et suggèrent certaines possibilités nouvelles.

Nous admettrons donc que protons et électrons nucléaires s'unissent

---

([1]) G. Fournier, *Journ. de Phys.*, VII, 1, 1930, p. 194.

([2]) Irène Curie et F. Joliot, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 273.

([3]) J. Chadwick, *Nature*, 129, 1932, p. 312.

pour former d'abord le plus grand nombre possible d'hélions α, puis autant de neutrons ω qu'il reste de couples de protons et d'électrons disponibles; il pourra rester en plus un certain nombre de protons libres π ou d'électrons libres β. Le tableau ci-dessous donne les constitutions ainsi obtenues pour les atomes légers jusqu'au fluor, caractérisés par leur nombre atomique Z et leur « nombre massique » A; les nombres massiques entre parenthèses indiquent les isotopes très peu abondants (moins de 1/1000e). Dans la dernière colonne est indiquée la nature des rayonnements émis par l'élément quand il est soumis à un rayonnement α (radioactivité provoquée), ces rayonnements étant constitués par des neutrons ω, ou par des particules ionisantes p, que l'on admet en général être des protons. On voit que les particules, qui peuvent être ainsi arrachées (avec en général fixation de la particule α incidente), apparaissent dans la formule de constitution, ce qui rend vraisemblable, du moins pour les noyaux légers, la validité des principes admis.

Notamment l'intensité exceptionnelle du rayonnement de neutrons émis par le glucinium, et l'absence d'émission de protons par cet élément cadrent bien avec la constitution suggérée, cet élément étant le seul possédant au moins un neutron et pas de proton libre (en dehors d'isotopes rares ne pouvant intervenir de façon observable).

	Z.	A.	Constitutions.			Émissions.
H.......	1	1	–	–	1 π	–
		(2)	–	1 ω	1 π	–
He.......	2	4	1 α	–	–	–
Li.......	3	6	1 α	1 ω	1 π	γ; ω?
		7	1 α	2 ω	1 π	
Be.......	4	(8)	2 α	–	–	?
		9	2 α	1 ω	–	ω
B........	5	10	2 α	1 ω	1 π	ω, p
		11	2 α	2 ω	1 π	
C........	6	12	3 α	–	–	–
		(13)	3 α	1 ω	–	?
N........	7	14	3 α	1 ω	1 π	p
		(15)	3 α	2 ω	1 π	?
O.......	8	16	4 α	–	–	–
		(17)	4 α	1 ω	–	?
		(18)	4 α	2 ω	–	?
F........	9	19	4 α	2 ω	1 π	ω; p

Les autres éléments (B, F, Al) émettant de façon certaine des neutrons,

émettent aussi des particules ionisantes, ce qui est en accord avec leurs formules ($\alpha_n \omega_2 \pi$).

L'atome d'azote ($\alpha_3 \omega \pi$) qui doit contenir un neutron et un proton dans son noyau n'émet pourtant que des particules ionisantes et pas de neutron. Cela tient peut-être à ce que l'atome formé par expulsion du neutron ne serait pas stable, aucun atome connu ne possédant un proton libre dans son noyau sans posséder aussi au moins un neutron. Mais ce fait même suggère que les protons sont maintenus dans les noyaux par des forces les liant aux neutrons, et non aux hélions. Il est donc possible que le groupement ($\omega \pi$) forme un assemblage assez stable, qui serait un nouveau constituant à considérer dans les noyaux, et serait peut-être dans certains cas projeté en bloc lors d'une radioactivité provoquée. Ce constituant nucléaire de masse approximative 2 et de charge 1 serait la moitié d'un hélion. Son existence indépendante semble d'ailleurs démontrée par la découverte récente ([1]) d'un isotope de l'hydrogène de nombre massique 2 dont les atomes auraient précisément pour noyaux ces « demi-hélions ».

Il serait intéressant de mesurer avec certitude le rapport e/m des particules ionisantes émises lors de la transmutation provoquée de l'azote, qui ont été considérées jusqu'ici comme des protons. Il ne semble pas impossible que dans ce cas, et peut-être dans tous les cas de radioactivité provoquée, les particules ionisantes émises, tout en ayant la charge 1 et une énergie voisine de celle admise jusqu'ici, aient en réalité une masse 2.

2. On peut poursuivre pour les éléments plus lourds le tableau des formules nucléaires. On constate que les protons nucléaires libres n'existent pas au delà du potassium 39 ($\alpha_0 \omega_2 \pi$), et que, dans les éléments lourds, ce sont des électrons qui restent libres après la formation des neutrons; on conçoit ainsi que les éléments radioactifs lourds n'émettent comme particules ionisantes que des électrons β ou des hélions α. Il ne semble pas d'ailleurs possible qu'un neutron sorte spontanément d'un noyau, car aucune force électrique ne s'exerçant sur lui à grande distance il ne peut pas être retenu, comme les hélions, par une simple barrière de potentiel.

Mais tous les éléments du néon au potassium inclus émettent des particules ionisantes sous l'action des rayons α. Pour ceux d'entre eux dont les noyaux pourraient être formés seulement d'hélions, ce fait ne peut se comprendre que si du moins un hélion n'est pas constitué dans leur noyau. Par exemple, si le noyau de l'atome S_{32} était formé par 8 hélions, le soufre,

---

([1]) H.-C. Urey, F.-G. Brickwedde, G.-M. Murphy, *Phys. Rev.*, 39, 1932, p. 164.

dont les autres isotopes sont en proportions très faibles, ne pourrait émettre aucune espèce de particules sous l'action des rayons α. L'hélion non constitué dans un tel noyau doit sans doute être remplacé soit par 2 neutrons et 2 protons, soit par 2 demi-hélions. On pourrait trancher entre ces hypothèses en déterminant le rapport e/m des particules ionisantes émises et plus simplement en recherchant si le soufre émet ou non des neutrons.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la radioactivité du potassium.* Note de M. **Pierre Auger**, présentée par M. Jean Perrin.

1. On sait que deux métaux alcalins, le potassium et le rubidium, présentent une radioactivité β faible, qui correspond à des périodes de décroissance supérieures à 10^{10} années. Les règles de déplacement des éléments radioactifs dans le tableau périodique conduisent à chercher le produit de désintégration du potassium parmi les isotopes du calcium, dont le noyau porte une charge positive de plus. D'autre part, la masse du noyau ne changeant pas lors d'une transmutation par rayons β, les isotopes 39 et 41 du potassium devraient donner naissance aux calciums 39 et 41 ; de même, les rubidiums 85 et 87 fourniraient les strontiums 85 et 87. Ces isotopes ne sont pas présents dans le calcium et le strontium naturels, ce qui rend difficile l'interprétation de ces radioactivités.

2. Si l'on cherche à formuler la composition du noyau du potassium 41 d'après les idées actuelles sur les éléments constitutifs nucléaires, on est conduit à y supposer l'existence de 10 particules α donnant le poids 40 et la charge 20, et d'un électron réduisant cette charge à 19. De plus, pour compléter la masse 41, nous admettrons la présence d'un neutron ω de telle sorte que la formule nucléaire sera $K^{41} = \alpha_{10}\omega\beta$. La formule du potassium 39 serait, en suivant les mêmes règles $K^{39} = \alpha_9\omega_2\pi_2$ montrant l'existence d'un proton nucléaire π à la place de l'électron β du noyau K^{41}. Ces formules, pour la justification desquelles je renvoie à la Note de Francis Perrin qui précède celle-ci, indiquent nettement que seul le potassium 41 peut émettre un électron et subir la transmutation β : ceci a déjà été rendu probable par des expériences de séparation des isotopes K^{41} et K^{39} dans lesquelles l'activité suivait la fraction de poids atomique le plus élevé (Hevesy).

3. Il se présente alors une hypothèse assez satisfaisante au sujet de la nature du descendant de K^{41}. Nous voyons dans sa formule la présence d'un

neutron, et les expériences récentes de radioactivité provoquée dans le beryllium montrent que lors d'un choc violent ces éléments constitutifs peuvent être éjectés des noyaux, au moins chez les corps légers. Si nous admettons alors que le noyau K^{41} émet un neutron en même temps que l'électron ou peut-être après un temps très court, le descendant formé sera le calcium 40, dont la formule probable est $Ca^{40} = \alpha_{10}$. Nous tombons cette fois sur un isotope très abondant dont la formation régulière par radioactivité naturelle est très admissible. Des considérations identiques conduisent à supposer que le rubidium 87 est seul radioactif et donne lieu à la formation du strontium 86 par émission d'un électron et d'un neutron. Au contraire, dans le cas du césium, on ne pourrait pas appliquer ces considérations : en fait cet élement n'est pas radioactif.

4. De quelle façon se manifesterait l'émission de neutrons accompagnant celle des électrons ? Les expériences de Irène Curie et F. Joliot conduisent à attribuer aux neutrons des pouvoirs de pénétration très grands, bien supérieurs à ceux des rayons γ. Ceci serait le cas même pour des neutrons de faible vitesse, comme l'indique la possibilité de projection de protons lents dans la direction de leur propagation par des neutrons qui ont traversé 8^{cm} de plomb, fait que j'ai pu mettre en évidence dans l'appareil à détente. Ainsi, même dans le cas ou le neutron ne sortirait du noyau qu'avec une vitesse faible, c'est à un rayonnement ultra pénétrant qu'il faut s'attendre. Les considérations précédentes sont donc fortement appuyées par l'existence, reconnue par Kolhörster [1], d'un tel rayonnement chez le potassium et peut-être chez le rubidium. Pour mettre en évidence le caractère de neutron des particules composant ce rayonnement, il faudrait de nouvelles expériences, rendues malheureusement difficiles par la très faible activité du potassium et du rubidium.

5. Quoique l'hypothèse la plus vraisemblable soit celle de l'émission simultanée du neutron et de l'électron (peut-être même par une sorte de phénomène de recul), on pourrait penser que le corps intermédiaire Ca^{41}, résultant de l'expulsion de l'électron seul, ait une durée d'existence notable, pour donner à son tour Ca^{40} par émission de son neutron. Il faudrait alors expérimenter sur des sels naturels de potassium, comme la sylvine : c'est d'ailleurs ce qu'avait fait Kolhörster dans le travail cité plus haut.

---

(1) W. Kolhörster, *Naturwissenschaften*, 16, 1928, p. 28.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Équilibres hétérogènes dans le système : bromure de cadmium, bromure de potassium et eau.* Note [1] de M. **H. Hering**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons étudié systématiquement les équilibres hétérogènes dans le système ternaire : bromure de cadmium, bromure de potassium et eau depuis les températures d'eutexie jusqu'à 100°. La figure ci-dessous résume les résultats obtenus; elle a été construite en portant les températures en ordonnées, et en abscisses les rapports, en molécules, du bromure de potassium à la somme des deux sels dans les solutions saturées de deux solides. Ce mode de représentation, que nous avons déjà utilisé pour le système Cl^2Cd — ClK — H^2O [2], indique clairement les relations de stabilité des différents sels en présence de solutions saturées. Il a l'inconvénient de ne pas montrer les valeurs de la solubilité; ajoutons donc qu'elles étaient souvent très grandes (jusqu'à 85^{gr} de sels anhydres pour 100^{gr} de solution) et que les solutions étaient très denses (*d* jusqu'à 2,45).

Le bromure de cadmium présente un point de transition à 35°,8; au-dessous il cristallise avec $4H^2O$, au-dessus, c'est le sel anhydre qui se forme et non le monohydrate comme on l'admettait depuis les mesures de Dietz [3].

Le composé Br^2Cd, BrK, H^2O est connu depuis longtemps; d'après Rimbach [4] qui fit des mesures de 0 à 112°, sa solubilité est toujours congruente et il est toujours hydraté. Nous avons au contraire reconnu que le monohydrate n'est stable que de l'eutectique (— 9°,3) à 57°,3; au-dessus le sel cristallise anhydre et à partir de 102° sa solubilité cesse d'être congruente l'eau le décompose avec production de Br^2Cd. Le point de transition à 57°,3 est abaissé soit par addition de Br^2Cd, soit par addition de BrK; dans ce dernier cas, l'abaissement, 57°3 à 22°,8, est remarquablement grand.

Le sel double $3Br^2Cd$, BrK, $4H^2O$ est nouveau; il apparaît dans le système à 14°8, sa solubilité devient congruente à 24°, elle cesse de l'être à 48° et le sel double disparaît à 57°,5. Dans le cas de non-congruence,

---

(1) Séance du 4 avril 1932.

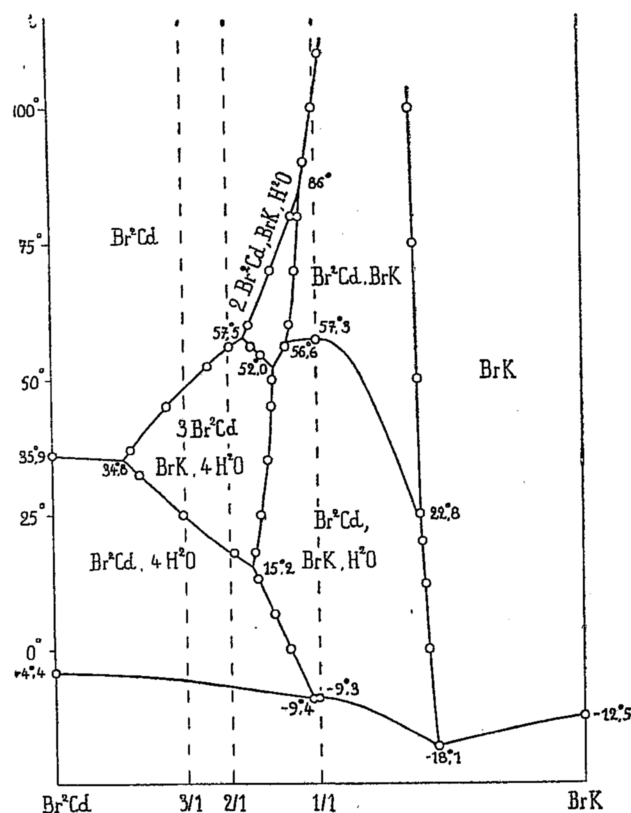
(2) H. Hering, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1157.

(3) Dietz, *Z. anorg. Ch.* 20, 1899, p. 257.

(4) Rimbach, *Ber. d. chem. Ges.*, 38, 1905, p. 1553.

l'action d'une petite quantité d'eau donne du bromure de cadmium (anhydre ou hydraté). Rappelons que nous avons déjà signalé l'existence du chlorure correspondant, mais que ce dernier est toujours décomposé par l'eau avec formation de Cl^2Cd, ClK. H^2O ou Cl^2Cd, ClK.

Le sel double $2Br^2Cd$, BrK, H^2O est également nouveau; il apparaît



à 52° et disparaît à 86°; sa solubilité est toujours non congruente. Sur la figure, la formule $2Br^2Cd$, BrK, H^2O est en dehors du quadrilatère curviligne qui est le domaine de ce sel double. Le chlorure correspondant n'existe pas.

Un composé Br^2Cd, 4BrK, indiqué autrefois par V. Hauer [1] n'avait pu être reproduit par Rimbach. Il ne s'est jamais formé dans nos expériences; en revanche, il apparaît sur le diagramme thermique du couple

[1] V. Hauer, *Ber. Wien. Akad.*, 15, 1855, p. 38.

$Br^2Cd — BrK$ (1) et il est à fusion non congruente. Rappelons que le chlorure correspondant se forme facilement par voie sèche et par voie humide.

On sait que diverses méthodes physiques : cryoscopie (Urbain et Cornec) (2), ébullioscopie (Rouyer) (3), spectres d'absorption (Paul Job) (4) ont été employées pour suivre l'action des solutions de bromure de potassium sur les solutions de bromure de cadmium. Toutes mettent en évidence un sel double de formule Br^2Cd, $2BrK$ et il est clair que, si ce composé n'est pas le seul à exister dans les solutions, il est au moins le plus abondant. Notre travail montre, contrairement à une affirmation ancienne de Croft (5), que ce sel double ne cristallise jamais à partir des solutions; on sait également qu'il ne se forme pas par fusion des sels simples.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation de l'alcool éthylique par l'air en présence de divers catalyseurs binaires ou tertiaires.* Note (6) de M. **Martineau**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons indiqué (7) que l'oxydation de l'alcool par l'air n'est pas catalysée par le charbon actif ni par le cuivre réduit au-dessous de 110° environ. Quant aux oxydes stables, leur action est généralement négligeable au-dessous de 300°.

Nous avons cherché à montrer qu'en associant convenablement ces catalyseurs, on peut abaisser considérablement la température de réaction. Pour les détails expérimentaux, nous renvoyons à la note ci-dessus indiquée. L'association charbon-cuivre a été étudiée dans celle-ci. La sensibilité du dosage de l'aldéhyde indique une oxydation de l'alcool de 10^{-4}.

1° *Association du charbon actif à la zircone et à la thorine.* — Le catalyseur est obtenu en imprégnant le charbon actif avec du nitrate du métal, puis en traitant par l'ammoniaque. Le produit résultant, gélatineux, est

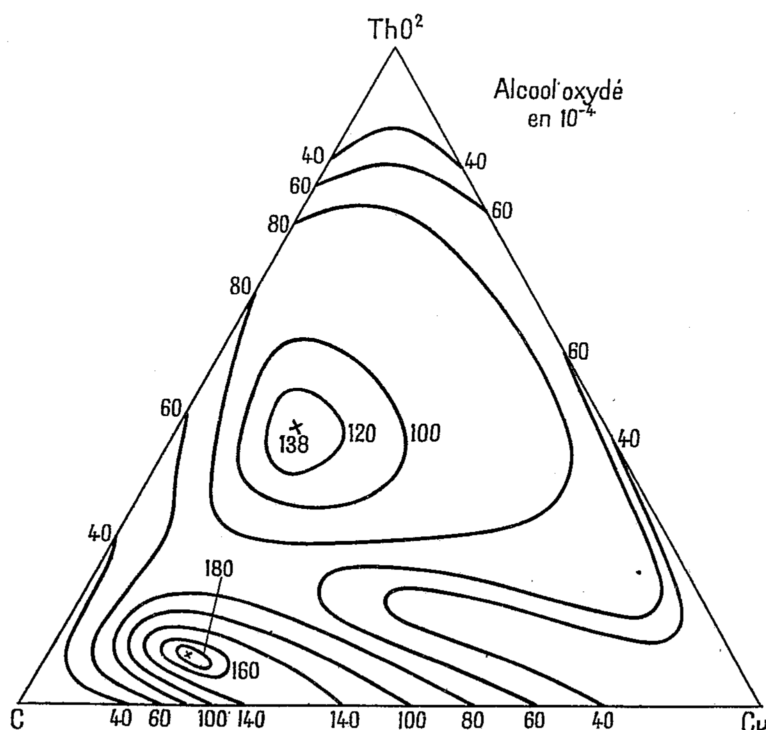
(1) Brand, *N. Jb. Min. Beilagebd*, 32, 1911, p. 632.
(2) Cornec et Urbain, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 1118.
(3) Rouyer, *Thèse*, Nancy, mars 1928.
(4) P. Job, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1621.
(5) Croft, *Phil. Mag.*, 3e série, 21, 1842, p. 355.
(6) Séance du 11 avril 1932.
(7) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1189.

lavé puis séché vers 150°. La poudre obtenue est lavée plusieurs fois à l'ébullition dans l'eau distillée.

Nous avons obtenu les résultats suivants, à 63°, en alcool oxydé en aldéhyde :

$(2C, 3ZrO^2) - 42.10^{-4}$	$(1C\ 1ThO^2) - 64.10^{-4}$
$\left(1C, \frac{1}{5}ThO^2\right) - 36$ »	$(1C\ 2ThO^2) - 86$ »
$\left(1C, \frac{1}{2}ThO^2\right) - 43$ »	$(1C\ 5ThO^2) - 38$ »

2° *Association du cuivre à la cérine et à la thorine.* — Le catalyseur est obtenu en mélangeant l'oxyde stable à la quantité correspondante de carbonate de cuivre. Le tout, bien mélangé, est laissé à digérer 24 heures avec



de l'ammoniaque, puis séché, et le cuivre est libéré par l'hydrogène (vers 300°). A 63°, nous avons eu les résultats :

$(1Ce^2O^3, 1Cu) - 56.10^{-4}$	
$\left(1ThO^2, \frac{1}{5}Cu\right) - 34$ »	$(1ThO^2, 1Cu) - 55.10^{-4}$
$\left(1ThO^2, \frac{1}{2}Cu\right) - 73$ »	$(1ThO^2, 2Cu) - 23$ »

3° *Association des trois constituants : charbon actif, oxyde stable, cuivre.* — Le catalyseur s'obtient en prenant du charbon imprégné de l'oxyde comme il a été indiqué au paragraphe 1°, puis il est mélangé à du carbonate de cuivre pour être traité, comme au paragraphe 2°, par l'ammoniaque. Le cuivre est libéré en chauffant doucement vers 300° la poudre obtenue; la composition du catalyseur est indiquée en tenant compte du carbone pris par la réduction de l'oxyde de cuivre. A 63°, nous avons eu les résultats :

Avec la cérine :

$$\left(1C, \frac{1}{10}Ce^2O^3, \frac{1}{5}Cu\right) - 160.10^{-4}.$$

Avec la zircone :

$$1C, \frac{1}{10}ZrO^2 \begin{cases} \frac{1}{5}\,Cu - 82.10^{-4}, \\ \frac{1}{2}\,Cu - 150.10^{-4}, \\ 1\,Cu - 120.10^{-4}, \end{cases} \qquad 1C, \frac{1}{5}ZrO^2 \begin{cases} \frac{1}{2}\,Cu - 163.10^{-4}, \\ 1\,Cu - 125.10^{-4}. \end{cases}$$

$$1C, \frac{1}{2}ZrO^2 \begin{cases} \frac{1}{5}\,Cu - 141.10^{-4}, \\ \frac{1}{2}\,Cu - 113.10^{-4}, \\ 1\,Cu - 192.10^{-4}, \end{cases} \qquad (1C, 1ZrO^2, 1Cu) - 226.10^{-4}.$$

Avec la thorine :

$$1C, \frac{1}{20}ThO^2 \begin{cases} \frac{1}{10}\,Cu - 96.10^{-4}, \\ \frac{1}{5}\,Cu - 105.10^{-4}, \\ \frac{1}{3}\,Cu - 100.10^{-4}, \end{cases} \qquad 1C, \frac{1}{10}ThO^2 \begin{cases} \frac{1}{10}\,Cu - 84.10^{-4}, \\ \frac{1}{5}\,Cu - 192.10^{-4}, \\ \frac{1}{3}\,Cu - 106.10^{-4}, \\ \frac{1}{2}\,Cu - 96.10^{-4}, \end{cases}$$

$$1C, \frac{1}{5}ThO^2 \begin{cases} \frac{1}{10}\,Cu - 71.10^{-4}, \\ \frac{1}{5}\,Cu - 90.10^{-4}, \\ \frac{1}{2}\,Cu - 80.10^{-4}, \end{cases} \qquad 1C, \frac{1}{2}ThO^2 \begin{cases} \frac{1}{5}\,Cu - 84.10^{-4}, \\ \frac{1}{2}\,Cu - 72.10^{-4}, \end{cases}$$

$$1C, 1\,ThO^2 \begin{cases} \frac{1}{5}\,Cu - 105.10^{-4}, \\ \frac{1}{2}\,Cu - 132.10^{-4}, \\ 1\,Cu - 60.10^{-4}. \end{cases}$$

Ces résultats peuvent être groupés avec ceux déjà trouvés pour le couple charbon/cuivre pour obtenir une surface représentant, en coordonnées trilinéaires, l'activité des divers catalyseurs en fonction de la composition. Pour la zircone, la surface a un maximum vers la composition (1 C, 1 ZrO^2, 1 Cu). Pour la thorine, nous donnons la surface obtenue, indiquant nettement un maximum pour la composition (1 C, 1/10 ThO^2, 1/5 Cu).

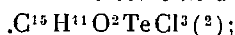
Dans le cas particulier de la thorine, nous avons pu mettre en évidence l'activité à froid du mélange (1 C, 1/10 ThO^2, 1/5 Cu) en mettant un peu de ce catalyseur dans un grand ballon (2 litres) avec de l'alcool ($0^g,64$) et de l'air. Après 6 semaines de conservation, à une température oscillant entre 15 et 20°, le dosage de l'aldéhyde a indiqué l'oxydation 210.10^{-4}.

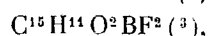
CHIMIE ORGANIQUE. — *Composés chlorés et phosphorés dérivés du dibenzoylméthane.* Note [1] de M. **Raymond Buret**, présentée par M. M. Delépine.

L'action des dérivés halogénés métalliques et métalloïdiques sur le dibenzoylméthane a déjà fait l'objet de nombreux travaux, notamment de la part de Dilthey, et surtout de Morgan et de ses collaborateurs.

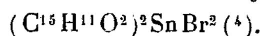
Les composés décrits répondent à des formules très variées suivant le réactif mis en œuvre, et aussi suivant les conditions expérimentales. On peut les classer en trois catégories :

1° Composés contenant une seule molécule de dibenzoylméthane, tels sont :

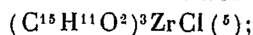

$C^{15}H^{11}O^2TeCl^3$ [2];

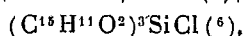

$C^{15}H^{11}O^2BF^2$ [3].

2° Composé contenant deux molécules de dibenzoylméthane, tel est :


$(C^{15}H^{11}O^2)^2SnBr^2$ [4].

3° Composés contenant trois molécules de dibenzoylméthane, tels sont :


$(C^{15}H^{11}O^2)^3ZrCl$ [5];


$(C^{15}H^{11}O^2)^3SiCl$ [6].

Dans l'ensemble, on se trouve en présence d'une réaction complexe, pour

(1) Séance du 11 avril 1932.
(2) Morgan and Drew, *Chem. Soc.*, **121**, 1922, p. 939.
(3) Morgan and Tunstall, *Chem. Soc.*, **125**, 1924, p. 1966.
(4) Morgan and Drew, *Chem. Soc.*, **125**, 1924, p. 379.
(5) Morgan and Bowen, *Chem. Soc.*, **125**, 1924, p. 1256.
(6) W. Dilthey, *Ann. der Chem.*, **344**, 1906, p. 320.

laquelle on ne peut dégager aucune règle fixe définissant, à l'avance, le composé obtenu.

Ayant eu à étudier, pour un travail en cours, l'action du pentachlorure de phosphore sur le dibenzoylméthane, j'ai constaté la formation de composés pouvant être apparentés à ces catégories de corps. Les solutions de dibenzoylméthane additionnées de pentachlorure de phosphore, jaunissent tout d'abord, puis abandonnent au bout de peu de temps un beau précipité cristallin, jaune vif, qui est accompagné d'un dégagement d'acide chlorhydrique.

A première vue, la réaction semble évoluer de la même façon dans divers solvants, sauf toutefois dans le chloroforme où la précipitation est un peu plus lente; cependant, les points de fusion instantanée, des produits obtenus, sont les suivants : éther 119°, benzène 139°, toluène 132°, xylène 134°, sulfure de carbone 133°, éther de pétrole 132°, chloroforme 180°. Ce qui indique que l'on se trouve en présence au moins de trois corps différents, car aucun d'eux ne contient de solvant de cristallisation.

De nombreuses difficultés se sont présentées dans la préparation de ces corps. Ils sont peu stables, ils sont très sensibles à l'action de la chaleur et de l'humidité, et de plus s'altèrent même sous vide. On ne peut donc pas les purifier par recristallisation; tous mes efforts ont porté sur l'obtention d'emblée de produits bruts aussi purs que possible, ce qui n'a pas été sans occasionner quelques flottements dans les résultats des analyses. En particulier le produit risque d'être souillé par le pentachlorure de phosphore, presque insoluble dans les solvants : j'ai dû me borner, pour éviter sa présence dans le précipité, à utiliser un excès de dibenzoylméthane.

Ces corps ainsi préparés sont pratiquement insolubles à froid dans l'éther, le benzène, le toluène, le xylène, le sulfure de carbone, l'éther de pétrole, mais assez solubles dans le chloroforme. Ils sont surtout caractérisés par une réaction d'une grande netteté : l'eau les attaque à froid en les transformant intégralement en acide phosphorique, acide chlorhydrique et dibenzoylméthane que l'on obtient immédiatement très pur (point de fusion 77-78°). L'alcool les décompose aussi très énergiquement.

J'ai spécialement étudié ceux qui ont été préparés dans l'éther et dans le benzène.

I. *Dans l'éther anhydre.* — Le pentachlorure de phosphore, finement pulvérisé, est ajouté à une solution froide de dibenzoylméthane. On purifie le précipité obtenu par de nombreux lavages, avec des solutions éthérées

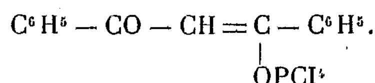
de dibenzoylméthane, puis avec de l'éther, en évitant le mieux possible l'action de l'humidité. Le composé obtenu fond à 115-116° au bain d'acide et à 119-120° au bloc.

Les dosages de chlore ont été satisfaisants, et ont donné des chiffres dont la moyenne est de 35,5 pour 100. Par contre le dosage du phosphore a demandé une plus longue mise au point, les pourcentages ont augmenté au fur à mesure que la technique de préparation s'améliorait. La moyenne des derniers chiffres concordants est de 7,3 pour 100. L'hydrolyse donne du dibenzoylméthane dans la proportion de 56 pour 100 du poids de matière décomposée. Ces chiffres cadrent assez bien avec la formule $C^{15}H^{11}O^2PCl^4$ (théorie : Cl = 35,85 pour 100, P = 7,8 pour 100, dibenzoylméthane de décomposition = 56,5 pour 100).

II. *Dans le benzène anhydre.* — Le composé préparé dans les mêmes conditions, et avec les mêmes précautions que dans l'éther, fond à 137-138° au bain d'acide, et à 139-140° au bloc.

Les dosages donnent lieu à la même remarque que précédemment. La teneur en chlore est de 29,90 pour 100, et en phosphore de 7,8 pour 100 (moyenne des huit dernières analyses). La proportion de dibenzoylméthane recueilli par hydrolyse est de 57 pour 100 du poids du corps jaune décomposé. La formule correspondant à de tels pourcentages, est voisine de $C^{15}H^{12}O^2POCl^3$ (théorie : Cl = 29,7 pour 100, P = 8,2 pour 100, dibenzoylméthane de décomposition = 59 pour 100).

La constitution des nouveaux composés ressort pour une part des faits précédents. Le chlore et le phosphore, ne se trouvent dans la molécule que sous la forme labile, facilement hydrolysable : ce fait exclut une chloration, ou une fixation de phosphore sur l'atome de carbone central ou sur les noyaux. Les deux éléments étrangers doivent donc se concentrer autour des carbonyles du dibenzoylméthane. Peut-être se trouve-t-on en présence d'une réaction analogue à celle que Ch. Dufraisse et H. Moureu ont observée dans l'action du trichlorure d'antimoine sur le phényl-benzyl-glyoxal (1), c'est-à-dire condensation du dérivé chloré, sur la forme énolique avec élimination d'une molécule d'acide chlorhydrique. On aurait alors, comme formule du composé préparé dans l'éther :


$$C^6H^5 - CO - CH = \underset{\substack{|\\ OPCl^4}}{C} - C^6H^5.$$

(1) Ch. Dufraisse et H. Moureu, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1946.

La formule du composé préparé dans le benzène est d'une interprétation moins commode : le troisième atome d'oxygène qu'elle contient en supplément provient nécessairement d'une réaction accessoire sur les molécules voisines. Or, il est à souligner que l'on ne retrouve jamais dans le précipité que la moitié environ du phosphore engagé dans la réaction : il se fait donc, corrélativement, d'autres réactions aboutissant à des produits solubles. On peut alors supposer que le composé tétrachloré ci-dessus, formé dans un premier temps, réagirait secondairement sur une autre molécule de dibenzoylméthane pour, dans le cas du benzène, s'approprier un oxhydrile en échange d'un chlore.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches cryoscopiques sur l'huile de ricin.* Note (1) de Mlle **Madeleine Roy**, présentée par M. M. Delépine.

Nous nous sommes proposé de mettre au point une méthode cryoscopique permettant de suivre le vieillissement de l'huile de ricin.

Comme solvants nous avons essayé le benzène, le nitrobenzène, l'acide acétique, le bibromure d'éthylène, l'acétophénone. Pour une huile de ricin déterminée, les deux premiers solvants donnent des résultats nettement différents de ceux fournis par les trois autres et doivent être éliminés ; depuis Raoult, un grand nombre d'auteurs ont d'ailleurs signalé que le benzène et le nitrobenzène donnent bien souvent en cryoscopie des résultats anormaux. Les trois derniers solvants conduisent à la même valeur à condition d'effectuer des déterminations pour des concentrations différentes du corps dissous, de représenter graphiquement les valeurs du poids moléculaire obtenues en fonctions des abaissements Δ du point de congélation et de prolonger les diverses courbes jusqu'à l'axe des ordonnées, de manière à obtenir le poids moléculaire à l'origine.

Cependant, tandis que les points relatifs à l'acétophénone se placent sur une droite peu inclinée et facile à prolonger sans ambiguïté jusqu'à l'axe des ordonnées, les points relatifs aux deux autres solvants se placent sur des courbes d'allure parabolique dont l'extrapolation est beaucoup plus incertaine. Aussi l'acétophénone nous paraît-elle constituer un excellent solvant cryoscopique, le meilleur de tous ceux que nous avons essayés, pour déterminer le poids moléculaire de l'huile de ricin. D'autre part, le

(1) Séance du 11 avril 1932.

point de congélation de l'acétophénone étant voisin de 19°, température assez courante en toutes saisons dans les laboratoires, les opérations cryoscopiques peuvent être poursuivies sans qu'il soit besoin de précautions spéciales pour protéger l'éprouvette cryoscopique contre l'échauffement extérieur.

Il est absolument indispensable d'opérer sur des échantillons d'huile de ricin parfaitement desséchés. L'huile de ricin est en effet un corps hygroscopique susceptible d'absorber de fortes proportions d'eau et n'abandonnant cette eau, même en couche mince et dans le vide sec, qu'au bout de temps très longs. Dans certaines de nos expériences nous avons dû prolonger le séjour de l'échantillon de l'huile de ricin dans le vide sec pendant plusieurs semaines avant d'obtenir un poids rigoureusement constant. Or la présence d'une proportion d'eau, même très faible, peut entraîner des erreurs considérables dans les valeurs obtenues pour le poids moléculaire. Le calcul montre, et nos mesures ont vérifié qu'un pourcentage d'eau de 5 pour 1000, qui se rencontre couramment dans les huiles de ricin commerciales, entraîne une erreur de l'ordre de 20 pour 100 sur la valeur du poids moléculaire.

Pour une huile de ricin que nous avons préparée directement à partir de graines de ricin du Maroc par épuisement à l'aide du benzène, nous avons obtenu un poids moléculaire égal à 810. Nous avons obtenu très sensiblement le même nombre (800) pour l'huile de ricin utilisée comme lubrifiant dans l'aviation (avant d'avoir été desséchée, l'huile brute avait fourni un poids moléculaire égal à 700). L'huile de ricin utilisée en pharmacie nous a fourni un résultat sensiblement plus élevé $M = 1080$ (l'huile non desséchée donnait seulement 950).

Le tableau suivant donne pour divers échantillons d'huile de ricin (type aviation) vieillis par un chauffage plus ou moins prolongé à 140° en présence de cuivre ou d'acier : 1° le poids moléculaire M ; 2° l'indice d'iode I_i ; 3° la densité à 26°, $d_{26°}$; 4° la viscosité à 26°, $\eta_{26°}$; 5° l'indice de réfraction à 15°, n_D ; 6° la tension superficielle τ en dynes-cm.

Nature de l'échantillon.	M.	I_i.	$d_{26°}$.	$\eta_{26°}$.	n_D.	τ.
Non vieilli	760	84,11	0,95568	5,76	1,4800	37,9
Chauffé 15 heures (Cu)	805	81	0,96250	7,87	1,4807	38,2
» 30 » (Cu)	875	79	0,96471	8,47	1,48125	38,6
» 30 » (acier)	930	74	0,97249	14,24	1,4832	38,9
» 90 » (Cu)	1105	73,2	0,98013	25,55	1,4840	39,4
» 60 » (acier)	1195	65,09	0,98648	41,53	1,48635	39,8

On voit que les mesures de poids moléculaires permettent de suivre le vieillissement de l'huile de ricin et fournissent une indication sur son état de polymérisation.

GÉOLOGIE. — *Sur la série des grès à Foraminifères d'Ouezzan (Maroc Occidental).* Note de M. **Jacques Bourcart** et Mlle **Élisabeth David**, présentée par M. H. Douvillé.

L'existence de marnes blanches à silex lutétiennes est connue depuis longtemps sur le pourtour du Rif, mais c'est M. F. Daguin (1) qui, en 1923, a signalé le premier près de Souk el Arba du R'arb, l'existence de grès contenant *Nummulites Rosai*, *Nephrolepidina marginata* et *Tournoueri*, représentant donc l'Oligocène supérieur.

L'un de nous a récolté, au cours de cinq années de reconnaissances dans la région d'Ouezzan, plusieurs centaines d'échantillons de la série, en majeure partie gréseuse, de 400m de puissance, qui surmonte l'Éocène. Les échantillons ont été étudiés en collaboration, par usure et sur près de 200 plaques minces. M. H. Douvillé, nous a constamment aidés de ses conseils dans ce travail.

La série des grès, dans la région d'Ouezzan, forme des hauteurs très boisées ou plantées d'oliviers, qui s'élèvent au-dessus des vallées larges que donnent le Lutétien, le Crétacé ou le Trias extrusif; ces collines sont disposées sans aucun ordre, mais ont toujours une forme circulaire ou elliptique, et un aspect de cratère plus ou moins complet ou égueulé; ce sont presque toujours des synclinaux perchés. Dans certains cas, les grès peuvent faire partie d'écailles se recouvrant les unes les autres.

La succession, qui présente souvent des suppressions tectoniques dans le R'arb, est la suivante, de bas en haut :

11. Brèches ou conglomérats à éléments ferrugineux, ocre rouge ou jaune, éléments liasiques, etc. (Dj. Sougna, route d'Ouezzan.)

10. Plaquettes gréseuses jaunes à très nombreuses *Miogypsinoides Dehaarti*, V. der V., Amphistégines, pas de Lépidocyclines.

9. Microbrèches à vacuoles pleines d'argile verte, grès à fragments de Balanes et Huîtres épaisses, grains de quartz anguleux et dépolis (passant

(1) F. Daguin, *Premiers résultats de tournées géologiques dans le R'arb* (Maroc occidental) (*C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, 25 juin 1923, p. 131-132).

latéralement au facies de l'*Arenisca del Aljibe* de la région de Tanger) *Nephrolepidina Tournoueri* L. et D., *marginata* Mich., *simplex* H. Douv., *Eulepidina dilatata* Mich., de très grandes *Eulepidina*, très minces, sans piliers, du groupe *elephantina* M. Ch., Hétérostégines, Amphistégines; apparition des Miogypsines : *M. globulina*, Mich., *M.* cf. *irregularis* Mich., *Miogypsinoides Dehaarti;* valves isolées de *Pecten* cf. *subarcuatus*, Tourn.

8. Microbrèches, grès jaunes, calcaires à *Lithothamnium* avec *E. dilatata*, *N. Tournoueri*, *simplex*, rarement *marginata*, *E.* cf. *elephantina*, Amphilépidines, Amphistégines et, à l'état remanié : Orbitolines de l'Aptien et *Choffatella decipiens* Schlumb., du Crétacé du Portugal.

7. Grès jaune à enclaves de marnes vertes, calcaires à *Lithothamnium*, *N. Tournoueri*, *simplex;* des Amphistégines apparaissent à ce niveau de même que les *E. dilatata ;* abondance des Operculines.

6. Grès jaune avec intercalations de marnes bleues à Foraminifères, très nombreuses Lépidocyclines, microbrèches à algues calcaires et Foraminifères, calcaires, à *Lithothamnium;* on trouve tous les passages entre des grès avec des algues entières ou en fragments et des calcaires assez purs pour être exploités par les fours à chaux. Pas de Nummulites. Mais *Neptrol. marginata*, *Tournoueri*, *simplex*, *prætournoueri* H. Douv., Operculines.

5. Microbrèches sédimentaires à algues calcaires, grès jaunes contenant des Nummulites du groupe *incrassatus; Neptrol. Tournoueri*, *praetournoueri*, *simplex*, *marginata*.

4. Épaisse série de grès jaunes ou gris, séparés par des marnes; dans certains échantillons (carrière d'Ouezzan), *Nummulites Bouillei* a été observée.

3. Brèches à éléments liasiques très volumineux et à silex lutétiens, conglomérats à Nummulites lutétiennes et Orbitolines roulées; brèches fines (type *granito*) à *Nummulites Fabiani* (Région de Tanger), calcaires à *Lithothamnium*.

2. Marnes bleues et calcaires en plaquettes à *Asterodiscus* et *Discocyclinae*.

1. Marnes blanches et grès glauconieux.

Nous croyons pouvoir faire les atttributions suivantes : le niveau 1 au Lutétien, 2 au Bartonien, 3 au Priabonien, 4 et 5 au Sannoisien et au Stampien, 6 au Chattien, 7 et 8 à l'Aquitanien, 9 et 10 au Burdigalien.

Seule l'étude paléontologique des échantillons permet leur attribution à un niveau déterminé, les facies peuvent être analogues jusqu'au sommet; le calcaire peut notamment envahir des horizons très divers. Pourtant, nous

n'avons pu observer de conglomérats qu'à la base qui, du reste, paraît reposer sur des termes très variés. La transgression priabonienne serait ici aussi générale; quant aux brèches et conglomérats terminaux, ils paraissent plutôt continentaux que marins.

Nous avons en outre observé des Lépidocyclines, dont l'espèce est malheureusement indéterminable, dans les couches à *Asterodiscus* qui sont certainement éocènes; une association analogue a déjà été signalée en Amérique. Par contre, les Lépidocyclines manquent dans le Priabonien et l'Oligocène inférieur.

Nous avons eu aussi l'occasion d'observer des Amphilépidines, ou plutôt des formes de passage du sous-genre *Nephrolepidina* au sous genre américain ou extrême-oriental *Amphilepidina*. *Nephrolepidina prætournoueri*, existant dans presque toute la série, fait passage au sous-genre *Isolepidina*, exclusivement américain. Cette forme avait déjà été signalée en Algérie.

Il y a lieu d'insister aussi sur la fréquence de Foraminifères remaniés, souvent presque intacts, provenant des couches supérieures de l'Éocrétacé, notamment *Choffatella decipiens* et des Orbitolines. Ce fait semble indiquer la présence de massifs éocrétacés émergés ou dénudés à l'époque du dépôt.

En conclusion, nous croyons avoir établi l'existence dans la région d'Ouezzan et, on peut le supposer dans tout le Rif, d'une série gréseuse très épaisse, déposée dans la zone à Bryozoaires, qui débute au Priabonien et se poursuit sans lacunes ni changements bathymétriques importants jusqu'au Burdigalien inclusivement.

GÉOLOGIE. — *L'extension des formations sidérolithiques éocènes dans le centre de la Bretagne.* Note de M. **Y. Milon**, présentée par M. L. Cayeux.

Au Sud de la Montagne-Noire, dans la région de Leuhan et de Guiscriff, et, plus à l'Est, aux abords de Plouray, la carte géologique indique [1] des placages importants de Pb (Pliocène ?) s'étalant largement à une altitude variant entre 160 et 230^{m}, sur une surface ondulée, dont la pénéplanation ne paraît être qu'ébauchée.

Ces formations doivent être rapportées à l'Éocène; elles présentent de

---

[1] *Carte géologique au* 1/80000e, Feuille de Châteaulin, levée de 1882 à 1883 par M. Ch. Barrois (publiée en 1886).

faciès comparables à ceux des grès à Sabalites de l'Ouest. Ce sont des grès-quartzites à ciment de silice fibreuse et de quartz. En surface ces grès sont lustrés et patinés, enrobés dans des argiles blanches et des glaises jaunâtres. Ils sont associés à des grès ferrugineux, et à des brèches quartzeuses à ciment de limonite.

Dans le Sud des Côtes-du-Nord, aux environs de Plémet, la carte géologique mentionne également un lambeau de Pb (1), qui correspond, comme à Guiscriff, à une formation d'âge éocène. On y reconnaît non seulement les glaises et les grès lustrés caractéristiques, mais, de plus, un sidérolithique typique avec du minerai de fer en grains (Bohnerz) et des argiles réfractaires.

Le sidérolithique de Plémet colmate également, en partie, les irrégularités d'une vieille surface ondulée, dont l'altitude varie de 140 à 170^m, et dans laquelle s'individualisent de larges cuvettes à fond plat.

L'érosion fluviale récente entame progressivement ce relief ancien, mettant à jour, dans certaines vallées jeunes, le substratum paléozoïque. Le socle primaire est atteint également dans de grandes carrières, et ces diverses coupes montrent que les roches granitiques ou métamorphiques sont toujours très fortement altérées, sur une grande épaisseur, sous les dépôts éocènes. L'importance de cette altération (sorte de *maladie tertiaire*) est en relation directe, semble-t-il, avec la puissance des formations sidérolithiques. J'attribue à cette altération profonde : la remise en mouvement du fer, la formation du fer en grains, celle des argiles réfractaires, et, en partie, des lentilles de kaolin exploitées dans la région.

Sur le bord des cuvettes anciennes entamées par les vallées jeunes, les formations meubles ont disparu, et seule l'altération profonde des roches primaires indique leur extension primitive. Les modifications récentes du niveau hydrostatique peuvent produire dans ce cas, notamment dans les arènes granitiques, des imprégnations ferrugineuses cloisonnées ou massives, sorte de *pseudo-sidérolithique*, produit indirect et secondaire de la *maladie tertiaire*.

Conclusions. — I. L'Éocène, sous ses faciès grèseux et sidérolithiques, recouvre encore de placages résiduels étendus, une ancienne surface ondulée, adossée aux crêtes de Méné-bel-Air et de la Montagne-Noire. Cette surface doit être distinguée d'une plate-forme plus basse, dont la pénépla-

(1) *Carte géologique au* 1/80000e, Feuille de Pontivy, levée de 1884 à 1886 par M. Ch. Barrois (publiée en 1890).

nation est plus complète, et qui est recouverte en Haute-Bretagne par les sables marins du Pliocène (Pb des Cartes, sables rouges à glauconie).

II. L'importance des formations sidérolithiques est en relation avec une altération très profonde du substratum ancien, altération comparable à une latérisation, avec migration sur une grande épaisseur : de fer, de silice, d'alumine, et grand développement des processus d'arénisation et localement de kaolinisation.

III. Cette altération des roches anciennes permet parfois de reconnaître, à défaut de dépôts meubles résiduels, l'extension ancienne des formations éocènes.

GÉOLOGIE. — *Esquisse tectonique de la partie orientale des Monts de Lacaune.* Note de M. **Thoral**, présentée par M. Ch. Jacob.

Les Monts de Lacaune, situés au Sud du Plateau Central, sont uniquement constitués par des terrains cambriens ou siluriens, traversés par de nombreux filons de roches éruptives diverses : diabases, granulites, etc. Leurs roches sédimentaires sont des schistes, des grès et des calcaires. Elles se disposent en une série de plis et d'écailles orientés SSW-NNE, avec un pendage général de 20° à 40° Nord à Nord-Ouest.

Boisse, qui a consciencieusement étudié cette région en a donné deux coupes très suggestives [1] et a émis l'idée de plis isoclinaux déversés vers le Sud. Bergeron, dans sa thèse, s'est rallié à l'opinion de son prédécesseur. Mais jamais ces deux savants n'ont essayé de relier entre eux les différents affleurements. La carte géologique au 1/80000e levée par Bergeron n'indique aucun contact anormal dans toute la partie orientale des Monts de Lacaune (Feuilles de Bédarieux et de Saint-Affrique), hors deux grandes failles qui limitent le pays cambro-silurien au Nord et au Sud-Est et quatre autres petites failles à l'Est, près de la vallée de l'Orb.

Il résulte de mes observations que les Monts de Lacaune sont un pays d'écailles ; le bord de chacune d'elles est marqué par un contact anormal, même par des roches broyées. Ces accidents partagent la région en zones parallèles qui sont des unités géologiques. L'hypothèse des plis isoclinaux avec leurs deux flancs conservés et leur charnière arasée ne peut être retenue.

---

[1] A. Boisse, *Esquisse géologique de l'Aveyron*, Paris, 1870, fig. 2, p. 76; fig. 3, p. 77.

Dans toute l'étendue explorée les calcaires de l'Acadien inférieur représentent la formation la plus ancienne et quand leur substratum est visible il est formé, de terrains plus récents, Potsdamien ou Ordovicien, ou de roches broyées.

Partant de Clairac, dans la vallée de la Mare au Nord-Ouest de Bédarieux, et se dirigeant vers le Nord-Ouest, on traverse successivement :

1° *La zone de Camplong*, comprise entre la faille de Clairac-Boussagues (jalonnée par un filon de quartz minéralisé depuis l'Aire Raymond jusqu'au Nord d'Hérépian) et un affleurement de roche écrasée : la Blaviérite de Bergeron, que M. Albert Michel-Lévy a montrée être une granulite écrasée (1). Cette roche se rencontre depuis le Plo de Brus jusqu'au Nord de la Rode-Basse dans la vallée de l'Orb.

2° *La zone de Marcou*, entre la « Blaviérite » et la falaise du Moulin d'Olquets. Cette falaise de calcaire dolomitique (Acadien inférieur) repose en contact anormal sur un complexe de grès quartzeux et de schistes plus ou moins satinés que je crois devoir rattacher au Cambrien supérieur.

3° *La zone de Boissezon-Melagues*, limitée par la falaise d'Olquets et un contact anormal Canac-Tauriac. Cet accident est caractérisé dans la vallée du Dourdou par le fait que les calcaires acadiens sont en recouvrement sur le Trémadoc fossilifère. J'ai pu délimiter le bord Sud-Est de l'écaille depuis le Moulin de Cataranne à l'Est de Murat-sur-Vèbre (Tarn) jusqu'au Sud de Ceilhes (Hérault), soit environ sur une distance de 23^{km}.

4° *La zone de Murat-sur-Vèbre-Brusque*, comprise entre la région précédente et une série de petits accidents tectoniques, que j'étudie et qui s'alignent parallèlement au pied du flanc Sud-Est du Merdellou, avec notamment une superposition de séries identique à Catounière (10^{km} au Nord de Murat-sur-Vèbre), à Cribas-Haut et à Brusque, où existent des roches écrasées près de la chaussée du Dourdou.

5° *La zone du Merdellou*, entre Brusque et Mounès, formée peut-être elle-même de deux séries : celle du Merdellou et celle de Barre-le-Fayet.

6° *La zone de Murasson*. Elle débute par une lame de roches écrasées injectée de quartz et est formée de schistes micacés. Elle se superpose au Gothlandien fossilifère, depuis Murasson jusqu'au Pas de la Bataille, soit sur une distance de 10^{km}. La série de Murasson est recouverte par le Permien rouge transgressif (Saxonien), dont la base est un épais conglomérat formé d'éléments empruntés au voisinage immédiat.

En résumé, tous les accidents tectoniques, mis en évidence dans la partie orientale des Monts de Lacaune, ne sont autres que des plis déversés du Nord-Nord-Ouest vers le Sud-Sud-Est, dont les flancs inverses ont disparu par étirement ou par faille. Les zones définies ci-avant sont constituées par les flancs normaux eux-mêmes plus ou moins ondulés et les limites de ces zones sont des contacts tectoniques.

(1) ALB. MICHEL-LÉVY, *Granulite broyée et mylonites antéstéphaniennes au nord-est des monts de l'Espinouze* (*Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1353).

La région présente donc la classique structure en écailles. Seule cette interprétation me paraît susceptible d'expliquer la répétition des mêmes séries, le pendage général des couches vers le Nord, l'existence de roches écrasées et la présence de quelques lambeaux siluriens pincés dans les plis synclinaux de Canac et de Murasson (1).

GÉOLOGIE. — *Sur les connections de la série à faciès alpins identifiée entre la Sierra Sagra et Alicante.* Note de M. **P. Fallot**, présentée par M. Ch. Jacob.

La série comportant un Secondaire à faciès alpin, ayant été suivie de la Sierra à sa disparition en mer vers Alicante (2), la question de ses connections doit être abordée. Ses faciès, notamment au Lias, m'ont incité jadis à la rapporter, sous réserve, au Pénibétique (3).

Par contre, son front chevauche des formations qui, bien que localement brisées en imbrications (Carzola), semblent autochtones, dispositif réalisé vers Jaen par le Subbétique.

Étudiant son prolongement vers l'Ouest, on est arrêté par la coupure néogène et triasique suivie par le Guadiana Menor. Puis on atteint la série subbétique s. str., encore mal connue, mais qui comporte des terrains secondaires de faciès de haute mer. Le Tithonique de Cabra et le Néocomien bathyal de Priego lui appartiennent; et, à l'Ouest de la coupure du Rio Genil, dans le plus avancé de ses lambeaux de la province de Séville (Sierra de Esparteros de Morron), on y retrouve (4) un Lias moyen à Brachiopodes alpins, analogue à celui de la province de Murcie.

En dépit de différences de détail, il y a donc une unité relative de faciès entre le Subbétique s. str. et la série Sagra-Alicante ; et je tends à les rapporter à la même unité structurale.

Leur position ne s'oppose pas à cette hypothèse.

---

(1) Le pendage Nord me paraît se retrouver dans les gneiss de l'Espinouze-Caroux avec une valeur moyenne de 40°. Les coupes de Boisse indiquent déjà nettement ce fait.

(2) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 157; **187**, 1928, p. 1150; **188**, 1929, p. 67, 263 et 404; **194**, 1932, p. 114.

(3) P. Fallot, *État de nos connaissances sur la structure des chaînes bétique et subbétique* (*Livre Jubilaire Soc. Géolog. de France*, 1930, p. 279-305).

(4) Mallada, *Explicacion del Mapa geologico de Espana*, 4, 1902, p. 497.

Au Nord, indépendamment du Tertiaire, qui apparaît au front de la série depuis l'Ouest jusqu'aux abords de Jaen, nous trouvons, vers cette ville, le Prébétique de M. Blumenthal, coincé sous le Subbétique. Sur son prolongement Est se place tout l'ensemble à faciès néritique qui s'étend de Cazorla à Elche de la Sierra, au Carche et aux abords d'Alicante, et qui, malgré les petites imbrications locales de Cazorla, est autochtone. Quoique la coupure à large affleurement triasique du Guadiana Menor impose une réserve, le Prébétique, homologue de la série de Cazorla, me paraît représenter aussi l'autochtone, dont les dislocations sous le front du Subbétique seraient plus fortes à l'Ouest, vers Jaen et Cazorla, et s'atténueraient vers l'Est.

Au sud du Subbétique, le Pénibétique est formé de la série secondaire qui coiffe la nappe de Malaga. M. Blumenthal a montré qu'il disparaît à l'est de la Sierra Elvira. La série qui accompagne le front du Bétique de Chirivel à l'Espuña m'a semblé pouvoir lui être homologuée. Si l'absence de séparation nette entre elle et la série à Lias alpin, que l'on vient de mentionner en la rapportant au Subbétique, tend à faire réunir ces ensembles, il faut noter que l'étude de ce contact ne serait possible, et bien imparfaitement, que vers Velez Rubio. De l'est de cette localité à Alicante, en passant par le Nord de l'Espuña, le Néogène transgressif masque tous les contacts. Vers Orihuela et Callosa de Segura en particulier, à l'arrière du tronçon où l'on peut au moins admettre la probabilité d'un chevauchement palpable de quelques kilomètres, il est impossible de faire aucune constatation à ce point de vue. L'espace masqué est suffisant pour permettre toutes les hypothèses.

Quelle serait, dans chaque cas, l'ampleur du charriage? Si la série à faciès alpin est subbétique, cette ampleur ne dépassera pas à l'Est 20^{km}. Si la série est pénibétique, il faut y ajouter la largeur probable de la nappe supérieure de l'édifice bétique, unité graduellement ennoyée vers le Nord-Est, mais à laquelle on ne peut attribuer moins de 40 à 50^{km}. Le charriage de la série à Lias alpin serait alors de l'ordre de 60 à 80^{km}, selon la transversale de Orihuela, de plus de 100^{km} selon celle de la Sierra Sagra. En dépliant les nappes bétiques subordonnées, si elles existent ici, cela fait un transport de 120 à 220^{km}. Or, le calme relatif de la série néritique autochtone serait assez étrange, juste au front d'une masse si puissante et venant de si loin.

Si encore une opposition absolue de faciès, existait partout entre la série à Lias alpin et l'autochtone, on pourrait y voir la confirmation d'un grand

charriage. Mais j'ai trouvé, dans le substratum du témoin de la Pila, un Crétacé rose à Rosalines, du Néocomien à Céphalopodes, du Jurassique de haute-mer, identique à celui de la Pena Rubia, qui, elle, appartient à la série charriée : il ne faut donc invoquer l'hétéropisme des deux séries que sous réserve.

La séparation entre le Pénibétique et le Subbétique serait d'ailleurs réduite encore, si l'on admettait qu'une partie de ce dernier représente non pas la couverture sédimentaire du bâti européen, décollée sous la poussée des nappes bétiques, mais la couverture post-triasique de ces dernières.

Sous réserve de la répartition et des faciès du Trias citrabétique, cette conception permettrait en outre, seule, de conserver, dans les raccords stratigraphiques et paléogéographiques relatifs aux terrains post-triasiques, la notion de l'existence des nappes bétiques. Celle-ci, si bien étayée par la répartition du Trias, se trouverait en effet, du fait de l'absence probable du reste du Secondaire dans les nappes du Lujar Lanjaron et Gujar, incompatible avec la répartition de ce Secondaire, si l'on n'en admettait pas le décollement lors des phénomènes orogéniques.

Quoi qu'il en soit de cette dernière hypothèse, l'attribution de la série à faciès alpins Sierra Sagra-Alicante au Subbétique semble possible du double point de vue structural et stratigraphique. Elle implique un charriage minimum, partant plus facilement admissible.

GÉOLOGIE. — *Existence de formations antécambriennes dans la Montagne Noire (Hérault).* Note de M. **Albert Michel-Lévy**, présentée par M. Ch. Jacob.

Les formations les plus anciennes, mises en évidence jusqu'ici dans le Massif Central français, sont, au Nord, dans le Morvan, le Dévonien supérieur, au Sud, dans la Montagne Noire, le Cambrien.

L'étude que je poursuis des massifs éruptifs de la Feuille au 80.000ᵉ de Bédarieux me conduit à penser que les gneiss, les granulites et les formations métamorphiques de l'Espinouse et du Mendic sont d'âge antécambrien.

Le Caroux (1093^{m}) et l'Espinouse (1122^{m}) forment un socle gneissique de direction Est-Ouest, large de 10 à 20^{km}, long de plus de 60^{km}, traversé par de nombreux filons de granulite et dans lequel le feldspath dominant est le microcline; la tourmaline y est abondante.

Sur la bordure Nord, le plongement se fait à environ 45° vers le Nord; sur les crêtes (cotes 889ᵐ de Madale, 1093ᵐ de Caroux, etc.), les gneiss sont horizontaux, en dalles tabulaires; sur la bordure Sud, le long des vallées de l'Orb et du Jaur, ils plongent au Sud. A l'Est près Saint-Gervais-sur-Mare, ils s'enfoncent vers l'Est sous les micaschistes qui font corps avec eux.

Il s'agit, dans l'ensemble, d'un pli à grand rayon de courbure, d'axe Est-Ouest, partant vers l'Ouest en aire de surélévation.

Au Nord, les Monts de Lacaune, qui atteignent la même altitude (1094ᵐ au Marcou), présentent un ensemble de rides de direction non plus Est-Ouest, mais brusquement Nord-Nord-Est. Ils sont formés de terrains cambro-siluriens, comme l'a bien montré M. Thoral [1], plongeant au Nord-Ouest, en successions plusieurs fois répétées, imbriquées les unes sur les autres. J'y ai trouvé des bancs d'arkoses riches en débris de microcline et avec tourmaline clastique. Par exemple, au col de Layrac, la base de la série, au-dessus des mylonites, débute par ces arkoses, qui sont ici inférieures à des calcaires dans lesquels j'ai trouvé des *Archæocyathus* et qui rappellent les arkoses géorgiennes de Marcory.

Malgré la proximité des gneiss, les formations cambro-siluriennes ne présentent aucun métamorphisme granitique. Les seuls minéraux néogènes y sont la séricite, le quartz secondaire et le sphène, qui accompagnent d'habitude, de façon banale, les roches plissées, plus ou moins écrasées et déplacées.

Cette carapace de plis cambro-siluriens de direction Nord-Est se relève brusquement au Sud; elle passait sans doute par dessus le massif gneissique avant les érosions actuelles, comme on peut s'en assurer dans le ravin entre Andabre et Castanet-le-haut. Vers l'Est, par contre, la carapace repose sur un épais niveau de mylonite de granulite qui la sépare d'un substratum de formations métamorphisées accompagnant le massif granulitique du Mendic. Ces dernières sont des schistes micacés, riches en mica, noir néogène et passant à des cornes feldspathisées et à des microgranulites; des cornes amphiboliques s'y intercalent. Dans les ravins au nord de Graissessac, sous les crêtes du Mont Agut et de Montmare, elles se développent avec des caractères très différents de ceux de la carapace cambro-silurienne. Elles ont cependant subi, mais partiellement, les mêmes entraî-

---

[1] M. THORAL, Découvertes paléontologiques dans le Cambrien et le Silurien des Monts de Lacaune (*Comptes rendus*, 189, 1929, p. 938).

nements tectoniques que cette dernière; la granulite du Mendic est laminée avec une direction Nord-Est et un plongement au Nord-Ouest.

En résumé, il me paraît exister dans la région deux pays différents : le premier formé de gneiss, de granulite, de sédiments métamorphisés par le granite; le second, de sédiments arkosiens, schisteux et calcaires, dans lesquels les minéraux des roches précédentes se retrouvent en débris provenant de leur érosion, en particulier le microcline et la tourmaline. L'allure tectonique du premier pays paraît correspondre à celle de plis de fond à grand rayon de courbure, avec une ancienne direction Est-Ouest conservée dans l'Espinouse. Le Mendic, toujours du même complexe, mais moins profond et moins séparé du second pays, a subi cependant, lui aussi, des entraînements hercyniens. Le second pays, cambrosilurien, repose sur le premier par des contacts anormaux accompagnés de mylonites. Il est formé par une carapace de plis serrés, imbriqués les uns sur les autres. Ce dernier pays comprenant le Cambrien complet, il faut en conclure que les terrains du premier sont d'âge antécambrien.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Variation diurne des atmosphériques à Paris de* 1928 *à* 1931. *Influences respectives des sources et de la propagation.* Note de M. **R. Bureau**, présentée par M. Ch. Maurain.

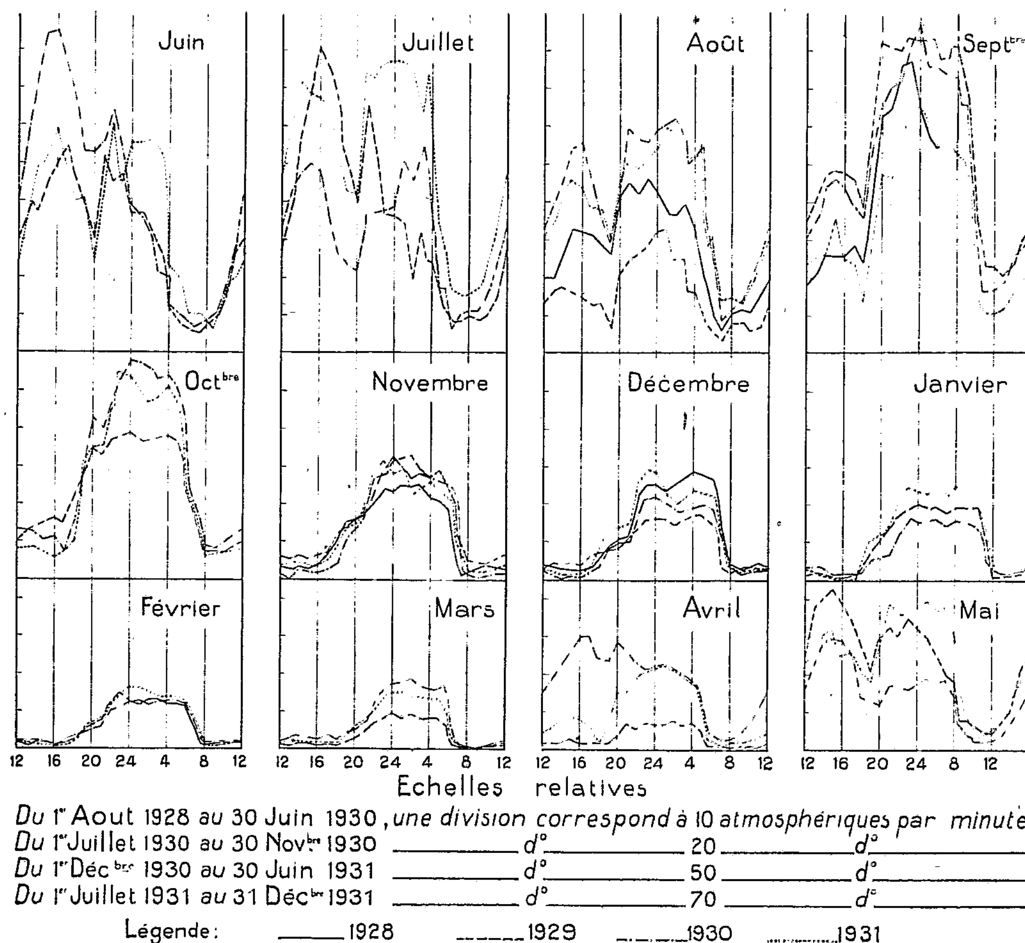
La figure ci-contre représente la variation diurne mensuelle du nombre des atmosphériques de 1928 à 1931 inclus. Elle a été dessinée à l'aide des courbes de l'enregistreur qui fonctionne à Saint-Cyr.

Seuils. — La *hauteur absolue* des courbes dépend du seuil de l'enregistreur. Ce seuil a été modifié à trois reprises. Deux années (1930 et 1931) d'enregistrements simultanés sur deux seuils ont montré que la *forme* des courbes (nombre et emplacement des maxima et des minima, époque et allure des accidents caractéristiques) n'est pas affectée par une variation du seuil dans d'assez larges limites. Une comparaison des formes de courbes obtenues dans deux périodes homogènes, mais de seuils différents, est donc légitime si l'on se limite à la définition ci-dessus de la forme. C'est pour permettre de telles comparaisons et par commodité graphique que, sur la figure, les périodes de seuils différents ont été ramenées à des niveaux comparables par le choix d'échelles convenables.

Fréquence de l'onde moyenne d'enregistrement. — La forme des courbes varie très vite avec la fréquence de l'onde. Depuis 1928, la fréquence de l'enregistreur de Saint-Cyr n'a pas été modifiée. La courbe de sélectivité montre qu'elle est de 27 kc/s. (11000^{m}) au milieu d'une bande d'environ 4 kc/s. de large.

Cette fréquence médiane est également celle des enregistrements antérieurement publiés (*Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 1293, et **192**, 1931, p. 975).

Poursuivant l'étude commencée en 1930 [1], j'ai cherché à discriminer l'influence respective des sources et de la propagation dans la variation



diurne moyenne. Voici le résumé des conclusions auxquelles j'ai pu actuellement aboutir :

1. *Atmosphériques nocturnes.* — L'abaissement de leur *niveau moyen* de septembre à mars (et parfois avril) semble surtout dû à un affaiblissement

---

[1] *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 64.

et à un éloignement des *sources*. Par contre, la *forme* du maximum nocturne des courbes moyennes paraît déterminée par les phénomènes de *propagation*, surtout de septembre à mars, période au cours de laquelle cette forme varie remarquablement peu d'une année à l'autre.

2. *Atmosphériques d'après-midi.* — Le maximum d'après-midi des courbes moyennes est la conséquence de deux maxima des courbes individuelles :

a. Un *maximum vers* 15h observé quotidiennement dans la saison chaude et qui apparaît aussi aux autres époques dès que le récepteur devient assez sensible. Ce maximum a disparu au coucher du soleil; son *amplitude* semble dépendre de l'intensité et de la distance des *sources*, sa *forme* semble due à une action combinée de *sources* toujours *lointaines* (probablement sources tropicales de longitude peu différente de celle du récepteur) et de la *propagation*.

b. Un *maximum accidentel vers* 16h, toujours très élevé, avec descente progressive jusque vers minuit. On ne l'observe que dans les journées orageuses. Son *amplitude* et sa *forme* sont le fait de *sources relativement proches*. Il est dû aux atmosphériques stagnants si néfastes aux radiocommunications.

3. *Fronts froids migrateurs.* — Leur action dépend de leur distance. Les atmosphériques rayonnés par les *fronts proches* (cas où les *sources* agissent seules) n'accusent souvent qu'une faible variation diurne (surtout pour les fronts à mouvement rapide) et n'ont qu'une action atténuée sur les courbes moyennes. Les *fronts lointains* jouent le rôle d'un émetteur travaillant en vue de l'étude de la *propagation*. Leur emplacement ne semble avoir que peu d'effet sur les courbes moyennes, bien qu'il en ait probablement une considérable sur certaines courbes individuelles.

4. *Évaluation de l'activité des sources proches.* — Une première approximation de cette activité est fournie par la hauteur des courbes aux heures où la propagation est défavorable aux sources lointaines; le niveau du minimum qui suit le lever du soleil donne ainsi une évaluation de l'activité moyenne des atmosphériques migrateurs (dus aux fronts froids); celui du minimum qui accompagne le coucher du soleil donne une évaluation de l'activité moyenne des atmosphériques stagnants (dus aux systèmes orageux quasi stationnaires).

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Inversion de l'inclinaison magnétique aux âges géologiques. Nouvelles constatations.* Note (¹) de M. **P.-L. Mercanton**, présentée par M. J.-B. Charcot.

Hôte, en 1931 encore, du Dr Charcot et de la Marine française à bord du *Pourquoi-Pas?* durant sa croisière au Groenland oriental, j'ai pu, comme en 1929, profiter de diverses escales pour recueillir des échantillons de laves aimantées naturellement. J'ai prélevé, après repérage consciencieux de leur position dans l'espace, des spécimens de basaltes tertiaires en Ecosse et aux Féroé, de laves plus récentes en Islande. L'abondance des glaces polaires seule m'a empêché d'en faire autant au cap Brewster, à l'entrée du Scoresbysund, où de tels prélèvements sont hautement désirables.

Dans un cas seulement (Akureyri, 3), le repérage a pu être fait au complet, pour la détermination de la déclinaison comme de l'inclinaison. Pour la déclinaison le processus a en effet des exigences parfois difficiles à satisfaire; en région insuffisamment cartographiée il exige une détermination astronomique, souvent impossible; on trouve difficilement aussi aux flancs abrupts des fjords des affleurements rocheux assez peu déclives pour qu'on puisse, dans le court temps généralement disponible, établir le plan horizontal nécessaire et y marquer les azimuts requis. Pour l'inclinaison le travail se limite à marquer sur l'échantillon *in situ* les traces de plans verticaux s'intersectant et le fil à plomb y suffit. Ces traces serviront, au laboratoire, à déterminer à 1-2° près, une coupe horizontale dont les faces, présentées au magnétomètre, fourniront une première indication sur le sens de l'inclinaison et le degré d'aimantation de l'échantillon. On y taillera ensuite, en l'appuyant sur ladite coupe, le cube nécessaire à la détermination de son aimantation en direction, sens et, si l'on veut, grandeur.

Voici les spécifications et éléments magnétiques résultant des prélèvements de 1931. M. Oulianoff a examiné des coupes minces de certaines des roches; j'ajoute ses données en leur lieu :

I. Ilot de Calve, en face de Tobermory, île de Mull, Ecosse. Trois échantillons d'une même assise de basalte tertiaire, au niveau des hautes mers. Densité 3,0. Deux

(¹) Séance du 11 avril 1932.

cubes indiquent une aimantation à inclinaison *boréale* mais l'aimantation est si faible que la détermination est des plus incertaines. En revanche un troisième cube, aimanté notablement et régulièrement, indique sans ambiguïté : *I. australe* 71°.

II. Vestmanhavn, Stroemoe, Féroé. Cinq cubes taillés dans cinq échantillons prélevés, au fond du havre, sur une ligne de plus grande pente aboutissant à la mer, de cinq assises distinctes, horizontales, de basalte.

N° 0, niveau de la mer, densité 2,9 ; aimantation nette : *I. australe* 52°.

N° 1, alt. 75^{m}, densité 3,0 ; l'aimantation est très faible, mais indique nettement : *I. boréale* 60°.

N° 2, alt. 130^{m}, densité 2,95 ; aimantation notable et régulière : *I. australe* 65°.

NB Le labrador de ces roches est fortement basique (65-70 pour 100 d'anorthite). Nombreuses vacuoles remplies de chabasite assez fortement kaolinisée ; magnétite parfois limonitisée.

N° 3, alt. 150^{m}, densité 2,6 (vacuoles) ; aimantation nette et régulière : *I. australe* 49°.

N° 4, alt. 220^{m}, densité 3,06 ; aimantation faible mais indiquant nettement : *I. boréale* 51°.

III. Thorshavn, Stroemoe, Féroé. Deux prélèvements, dans la carrière du phare. Basalte : le n° 1 est fait de pyroxène pour la moitié ; le n° 2 contient environ 60 pour 100 d'anorthite.

Cube n° 1, densité 3,05 ; aimantation extrêmement faible mais indiquant nettement : *I. australe*.

Cube n° 2, densité 3,06 ; aimantation notable : *I. australe* 76°.

IV. Akureyri, Islande N. Trois prélèvements de basalte compact : le troisième est repéré pour la déclinaison ; la faiblesse de son aimantation horizontale ne permet pas de fixer rigoureusement la valeur de cet élément qui toutefois apparaît *occidental* et de quelques cinquante degrés. La déclinaison actuelle est de 30° environ au même endroit. On a, en bref :

Cube n° 3, densité 3,0 ; aimantation notable : *I. boréale* 74°.

Les coupes horizontales des autres échantillons indiquent également et sans ambiguïté des inclinaisons *boréales*.

V. Almannajau du Thingvellir, Islande W. Les deux échantillons, de basalte fortement vacuolaire, ont des aimantations fortes dénotant des inclinaisons *boréales*. Un cube, densité 2,86 : *I. boréale* 79°.

VI. Caillou de Hvamsey, Hvalfjord, Islande W. Basalte compact, jeune, densité 2,9 ; aimantation notable, *I. boréale* 54°.

BOTANIQUE. — *La flore des récifs de la rade de Saint-Malo.* Note de M. **Ad. Davy de Virville**, présentée par M. L. Mangin.

Un arc de cercle de récifs s'étendant sur 16^{km} de longueur au moins, de la pointe du Décollé à la Pointe du Minga, et séparé du continent par un bras de mer de 5 à 7^{km} de largeur, délimite la rade de Saint-Malo,

dans la Manche. On rencontrerait ainsi, en allant de l'Ouest vers l'Est, et pour ne citer que les principaux d'entre eux : les Cheminées, le Grand Jardin, la Grande et la Petite Pierre à Tison, le Petit et le Grand Mûrier, à peine distincts de Cézembre qui est une véritable île dont nous ne nous occuperons pas ici, la Petite et la Grande Conchée, les Haies de la Conchée, les Grands Pointus, la Bigne et le Grand Chevreuil. Ces récifs constitués par de la granulite feuilletée injectée de diabase, exceptionnellement par du gneiss, sont les restes évidents d'une ancienne ligne de rivage maintenant effondrée sous les flots. Ils sont très battus, surtout du côté Nord tourné vers le large. En arrière de ceux-ci, s'observent d'autres récifs relativement abrités par les précédents et dont les principaux s'appellent : le Haumet, l'île Harbour, les Herbiers, la Grande Côtière. Enfin, à l'embouchure de la Rance, nous avons pu explorer deux autres récifs qu'on pourrait presque qualifier de littoraux : Bizeux et les Zorieux.

Lorsqu'ils sont suffisamment élevés et abrités, ces récifs portent une flore de plantes supérieures d'autant plus pauvre que l'écueil est plus petit et plus exposé. Ainsi à la Petite Conchée ou à la Bigne, on observe seulement : *Spergularia rubra* var. *maritima*, *Atriplex crassifolia* et *Beta maritima*. Dès que l'abri et la place sont plus grands, comme au Haumet ou à Harbour, s'ajoutent aux espèces précédentes : *Lavatera arborea*, *Cochlearia danica*, *Armeria maritima*, *Crithmum maritimum*, *Festuca glauca*, Sur les plus grands de ces récifs, la flore est beaucoup plus riche. Citons au Gros-Murier, outre les espèces précédentes : *Daucus maritima*, *Leontodon proteiformis*, *Jasione montana* (forme très spéciale), *Plantago Coronopus*, *Euphorbia portlandica*, *Holcus lanatus*, *Scleropoa loliacea*, et surtout une espèce qu'on ne s'attendrait guère à trouver en une telle station : *Endymion nutans* qui est peut-être un reste de la flore de la forêt qui, primitivement, s'étendait sur toute cette région et qui a pu se conserver à l'ombre, à l'exposition Nord, à la faveur de l'humidité du climat maritime. Au Grand Chevreuil, on observe outre une végétation spontanée encore plus riche, diverses espèces introduites par l'homme : *Pinus maritima* et *Pinus Pinea*, les deux seuls arbres de ces récifs, et, de plus : *Senecio Cineraria*, *Gynerium argenteum*, etc. Enfin à Bizeux, récif presque littoral, la flore se rapproche encore bien davantage de celle du continent. Citons : *Anthyllis Vulneraria*, *Ligustrum vulgare*, *Lonicera Caprifolium*, *Plantago lanceolata*, *Ruscus aculeatus*, *Polypodium vulgare*, etc. Comme le montre cette énumération, cette flore est donc caractérisée par une proportion élevée d'espèces exclusivement maritimes. De plus elle comprend un certain nombre de plantes à fruits ou à graines comestibles

(*Lavatera*, Poiriers et Pommiers sauvages) qui, servant de nourriture aux Oiseaux de mer, sont rejetés avec leurs excréments sur les rochers où ils viennent se reposer, ce mode d'ensemencement est tout à fait comparable à celui des crêtes inaccessibles en montagne. De plus tous ces végétaux sont modifiés par le climat maritime qui n'est pas sans quelque ressemblance avec le climat montagnard, si bien que les modifications, dans les deux cas, sont similaires : organes souterrains très développés, feuilles très velues, fleurs vivement colorées.

La flore lichénique terrestre, très analogue à celle de l'île de Cézembre, mais plus pauvre, comprend des espèces crustacées : *Lecanora atra*, *parella* et *tartarea*, *Buellia saxorum*, ou maritimes : *Ramalina scopulorum* et *Roccella fuciformis*, pour ne citer que les principales.

Les zones de végétation marines présentent un certain nombre de caractères particuliers. D'abord l'abondance des excréments d'Oiseaux de mer empêche souvent, même sur les récifs assez élevés, le développement des ceintures de végétation supérieures au *Verrucaria Maura*. Ensuite, si la composition des zones fondamentales est la même que sur le continent, par contre, il faut signaler, parmi les zones de remplacement, l'absence de l'*Ascophyllum nodosum* si caractéristique du mode abrité, et au contraire, le grand développement du *Rivularia bullata*, caractéristique du mode semi-battu. De plus ces zones sont souvent moins bien représentées que sur le littoral, surtout du côté battu où, parfois même, elles n'existent plus. Elles sont aussi plus larges, et localement elles peuvent être inversées. Ainsi aux Haies de la Conchée on voit le *Xanthoria parietina* se développer au-dessous du *Caloplaca marina*, à la faveur d'un rocher formant abri.

Comme la flore terrestre, la flore d'Algues marines est très différente sur les côtes Sud abritées et sur les côtes Nord battues. De plus les récifs de l'estuaire de la Rance, s'enrichissent, à la faveur d'un abri relatif et surtout du sable et de la vase, d'espèces comme *Gracilaria compressa* et *Codium Bursa* qui font défaut ou sont très rares sur les récifs du large.

BOTANIQUE. — *Sur la possibilité de la betterave de monter à graine la première année en Égypte et en d'autres régions à climat analogue.* Note de M. O. **Munerati**, présentée par M. M. Molliard.

On a constaté plusieurs fois que, dans certains pays à conditions climatériques spéciales, la betterave ne monte jamais à graine la première année. Dès 1906 (*Betterave*, XIV, p. 198 et 304). M. Deutsch écrivait : « Un fait

signalé par M. Pellet reste inexpliqué. On prend de la graine de betteraves, une partie est semée en Europe, la betterave se développe normalement avec plus ou moins de plantes montées la première année; cette même graine envoyée en Égypte et, semée, donne des betteraves qui n'ont jamais fourni un seul sujet monté à graine la première année. » A différentes reprises on a eu la confirmation de ce fait singulier pour l'explication duquel on a émis plusieurs hypothèses. Le phénomène a été vérifié en d'autres pays, parmi lesquels on cite la Roumanie, mais il résulte de récentes informations que là aussi, dans cette contrée, la betterave en culture ordinaire monte à graine presque tous les ans, quoique toujours en petite quantité.

Puisque nous étions parvenus à séparer, dans notre région, quelques races de betteraves présentant une haute tendance à l'annualité, nous nous sommes demandés si ces mêmes races auraient manifesté également une tendance à monter à graine sous les conditions climatériques de l'Égypte, ou, tout au moins, d'autres pays plus méridionaux que l'Italie.

De là les essais spéciaux dont nous nous occupons.

Nous avons eu recours à l'aimable collaboration du Professeur Miège pour le Maroc et du Dr. Muhlberg (directeur de l'Anglo-Egytian Land Allotment Co.) pour l'Egypte, auxquels nous avions envoyé au mois de janvier 1931 une petite quantité de graines d'une de nos races annuelles pour en vérifier le comportement, soit avec un semis relativement hâtif, soit avec un semis très tardif.

Observations faites à Rabat. — Quatre semis successifs : 30 mars, 1er mai, 1er juin, 1er juillet. Seul le premier a donné un résultat appréciable (un nombre très petit des graines du deuxième semis ont levé, mais les plantules se sont vite desséchées; les deux derniers semis n'ont pas levé. La floraison a eu lieu le 28 mai et la maturité des graines du 12 au 25 juillet. La montée à graine a été de 100 pour 100.

Observations faites à Marrakech. — Quatre semis successifs : 3 avril, 4 mai, 4 juin, 3 juillet. Seuls comme à Rabat, les résultats du premier semis sont à retenir; 75 pour 100 des sujets sont montés à graine au rythme suivant : le 22 mai, 5 pour 100; du 22 mai au 4 juin, 47 pour 100; du 4 juin au 8 août, 23 pour 100.

Observations faites dans les terres du Bas-Delta égyptien. — Le semis du 28 mai a seul donné un résultat. Apparition des fleurs : 15 juillet, avec 40 pour 100 de plantes montées; maturité des graines, du 15 au 30 août. La graine récoltée a montré un pouvoir germinatif excellent.

Notre même graine originaire était envoyée à titre de simple curiosité

au Dr Owen, généticiste de la Station pour les plantes à sucre de Salt-Lake-City (Utah). L'essai à Salt-Lake-City (altitude 4400 pieds) donna la totalité des plantes montées avec semis du 24 mars; tandis que toutes les plantes provenant du 25 juin montrèrent leur tige et fleurirent sans pouvoir mûrir leurs graines. Les essais à Garden-City (5600 pieds) et à Logan (4600 pieds) donnèrent des résultats analogues.

Soit au Maroc et en Egypte, soit dans l'État de l'Utah, la graine d'un type bisannuel, semée en comparaison, donna toujours, et dans tous les cas, des sujets à l'équilibre bisannuel.

Conclusions. — Il est expérimentalement prouvé qu'un type à haute tendance à l'annualité montre nettement la même tendance en des régions où la montée à graine la première année n'avait jamais été constatée.

BOTANIQUE. — *Rôle du plaste et du cytoplasme dans la condensation amylogène*. Note de M. **A. Maige**, présentée par M. M. Molliard.

J'ai étudié dans une Note antérieure le mécanisme physico-chimique de la formation des grains d'amidon et montré que ces derniers se produisent par diffusion, à l'intérieur de la vacuole ou des vacuoles amylogènes du plaste, d'un mélange de sucre et de catalyseur amylogène.

Le sucre provient évidemment du cytoplasme; quant au catalyseur amylogène il est logique, pour des raisons diverses, de considérer le plaste comme le siège de sa production (ce qui ne signifie nullement d'ailleurs que le cytoplasme non plastidal ne prend aucune part à sa formation).

Les raisons qui militent en faveur de cette conception sont les suivantes :

1° Lorsque le plaste affecte la forme d'une calotte latérale comme il arrive dans beaucoup de grains volumineux d'amidon, c'est de ce côté uniquement qu'apparaissent les nouvelles couches d'amidon.

2° Dans les réactions pluriloculaires à condensation lente on peut parfois observer, comme je l'ai signalé, une certaine individualité des différentes loges, se traduisant dans l'état plus ou moins avancé de la condensation, ce qui peut s'expliquer par une densité différente en substance plastidale de la paroi de ces loges.

3° Dans les réactions pluriloculaires des cellules des hypocotyles de Haricot au cours de la germination de la graine, on peut observer parfois, à côté de plastes à réactions normales d'autres plastes où la réaction en calotte a donné naissance à une masse amylo-dextrinée visqueuse, se colo-

rant en rouge par l'iode, ce qui montre l'action individuelle dans une même cellule des différents plastes au point de vue de la condensation.

Il est à remarquer d'autre part qu'il existe une autre série de faits qui tendent à induire que le cytoplasme joue un rôle important dans la formation du catalyseur amylogène.

1° L'excitabilité amylogène de la cellule semble nettement en relation avec sa faculté de produire de l'amylase, comme je l'ai montré antérieurement dans la régénération de cette excitabilité pendant l'hydrolyse des embryons de Haricot.

Ainsi les cellules de la moelle de ces embryons, qui ont au cours de l'hydrolyse une activité amylasique moindre que celles de l'écorce, ont également une excitabilité amylogène plus faible, et pour un même taux de sucre ne produisent pas ou produisent moins d'amidon. Il est d'autre part bien connu que les plantes telles que *Allium Cepa*, qui ont une action amylogène très faible, ont également une amylase très peu active.

Or le siège de la sécrétion de l'amylase, comme je l'ai montré est le cytoplasme non plastidal.

2° Il est à remarquer que la fin d'une forte réaction amylogène est marquée fréquemment par le déclenchement de plastes à condensation incomplète. C'est ce qui se produit en particulier dans ceux des cotylédons du Pois ridé qui passent de bonne heure à l'amylolyse et, dans certains cas, à la suite de l'action d'une solution de glucose à 5 pour 100 sur des hypocotyles secs de Haricot à 30°.

Cette condensation incomplète, parfois très faible, de la part de plastes *qui n'ont pas encore fonctionné* suggère nettement l'idée d'un épuisement d'origine cytoplasmique de l'excitabilité amylogène de la cellule.

Tous ces faits conduisent à admettre que, outre le plaste, le cytoplasme non plastidal exerce un rôle important dans l'amylogénèse, et que ce rôle est lié à la production de l'amylase.

Dans ces conditions la conception qui se présente à l'esprit est la suivante.

Un même mécanisme physiologique, dont le siège se trouve dans le cytoplasme non plastidal, sécrète en même temps un procatalyseur amylogène et l'amylase, l'activité de cette sécrétion dépendant de l'état physiologique de la cellule, et la proportion relative de ces deux corps variant avec l'accroissement de sucre à l'avantage du procatalyseur. Ce mélange sucre et procatalyseur pénètre dans le stroma plastidal où le procatalyseur est transformé en catalyseur.

Le catalyseur et le sucre coexistent donc dans la paroi plastidale, quel

que soit le taux de sucre de la cellule, mais sans interaction condensatrice; celle-ci se produit dans la vacuole amylogène où diffusent les deux corps lorsque le taux de sucre de la cellule est supérieur au seuil de condensation. L'amylase existe également dans le stroma plastidal (puisque formée dans le cytoplasme, elle est capable de pénétrer et de traverser la paroi du plastre comme le montre le phénomène de l'amylolyse), mais son action est inhibée entièrement pendant la condensation par l'action antagoniste du catalyseur. Cette action inhibitrice, limitée au territoire du plaste, s'exerce également, comme je l'ai signalé antérieurement, mais incomplètement pendant l'amylolyse, et dans ce cas elle ne fait que retarder la dissolution du grain d'amidon; cette action retardatrice dépend, comme je l'ai montré, du taux de sucre de la cellule, ce qui s'explique facilement puisque, comme il a été dit plus haut, ce taux influe sur les proportions relatives de procatalyseur et d'amylase dans le cytoplasme, et par suite de catalyseur et d'amylase dans l'écorce plastidale.

La conception que je viens d'indiquer permet donc de comprendre aisément, en ce qui concerne l'amylogénèse et l'amylolyse, les faits connus depuis longtemps, ainsi que ceux que j'ai signalés, faits que l'hypothèse ancienne de la production de l'amidon par l'action réversible de l'amylase sécrétée par le stroma du plaste est, comme je l'ai montré antérieurement, complètement impuissante à expliquer.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La vie latente des spores des Mousses aux basses températures.* Note de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. Louis Mangin.

Les plus basses températures que peuvent supporter les Mousses dans la zone glaciale arctique pendant près de six mois, oscillent, autour de Werchojansk en Sibérie, entre — 30° et — 60° C. Comment les Mousses résistent-elles à ces températures? Est-ce par leurs appareils végétatifs ou par leurs spores échappant à la congélation et passant à l'état de vie ralentie. Beaucoup de naturalistes pensent encore que ces végétaux, souvent protégés par une épaisse couche de neige ne subissent pas l'influence de ces basses températures. C'est certainement là une opinion très discutable, car on sait que le vent balayant ces régions glacées, les laissent à découvert sur de grandes superficies qui en été, cependant sont pourvues d'une riche flore de Mousses, de Lichens, de Graminées, de Dicotylédones.

Les expériences que je viens de réaliser vont nous montrer déjà pour les spores des Mousses, qu'elles sont susceptibles de supporter des températures encore plus basses.

Dans une première série d'expériences, j'ai opéré avec des spores provenant de sporogones conservés dans des sachets et se trouvant à l'état de dessiccation naturelle.

Ces sporogones appartenaient aux espèces suivantes qui avaient été recueillies au mois de janvier : *Dicranella heteromalla*, *Atrichum undulatum*, *Hypnum sericeum*, *Leucobryum glaucum*, *Hypnum molluscum*, *Funaria hygrometrica*, *Brachythecium rutabulum*.

Ces spores enfermées dans des tubes stérilisés, bouchés avec de la ouate peu serrée, furent plongées directement dans l'azote liquide du 2 au 12 mars au laboratoire de physique du Muséum d'histoire naturelle, par conséquent pendant 240 heures.

Après l'évaporation de l'azote liquide qui avait pénétré dans l'intérieur des tubes et baigné les spores, celles-ci furent retirées et ensemencées dans le milieu nutritif stérilisé dont je m'étais servi autrefois dans l'étude de la nutrition des protonemas des mousses (¹).

Au bout de quelques jours, germèrent les spores de *Dicranella heteromalla* et de *Funaria hygrometrica*. Au bout de trois semaines les autres espèces donnèrent des protonemas.

Toutes ces spores germèrent avec la même régularité que les spores témoins qui n'avaient pas été portées dans l'azote liquide.

Nous avions donc la preuve que les spores des mousses à l'état de dessiccation naturelle, au contact direct de l'azote liquide qui est un milieu irrespirable résistent pendant 240 heures à une température constante de $-190°C$. Leur protoplasma est déjà suffisamment déshydraté pour échapper à la congélation.

Mais pour savoir quelle pouvait être la nature de la vie latente de ces spores, s'il s'agissait d'une véritable anhydrobiose anaérobie, j'ai accompli une seconde série d'expériences avec des spores déshydratées d'*Atrichum undulatum* et de *Dicranella heteromalla* dans le vide avec de la baryte caustique anhydre pendant 15 jours.

Ces spores desséchées furent ensuite placées dans des tubes où un vide sec beaucoup plus puissant, dépassant $\frac{1}{100\,000}$ de millimètre de mercure, fut réalisé avec l'aide d'une pompe rotative de Gaiffe, puis d'une pompe en

(¹) Paul Becquerel, *Comptes rendus*, 138, 1904, p. 1347.

quartz de Langmuir. Ces tubes fermés à la flamme et détachés de l'appareil furent envoyés au laboratoire cryogène de Leyde.

Là, grâce à M. W. J. de Haas, ces tubes contenant les spores des Mousses furent plongés le 25 février dans l'hélium liquide pendant 9 heures à —269°C. et 1 heure à —271°,16, c'est-à-dire à 1°,84 absolu, une des températures les plus voisines du zéro absolu que l'on puisse produire. De retour au laboratoire, ces tubes furent ouverts et leurs spores ensemencées dans les mêmes milieux minéraux stérilisés. Ces spores donnèrent toutes au bout de quelques semaines des protonemas. Aucune différence de leur pouvoir germinatif n'a été constatée avec celui des spores desséchées témoins, qui n'avaient pas été soumises à ces basses températures.

La conclusion qui ressort de ces expériences, qui complètent celles que j'ai faites antérieurement, avec les graines, avec les spores des Bactéries, des moisissures, des grains de pollen, les spores de fougères, c'est que le protoplasma suffisamment deshydraté échappe à toute congélation et que dans cet état d'anhydrobiose anaérobie il passe dans le vide, aux basses températures où les réactions chimiques ne sont plus possibles, à l'état de vie suspendue. Les spores des Mousses conservent ainsi indéfiniment leur pouvoir germinatif aux basses températures, ce qui explique qu'elles peuvent parfaitement bien supporter pendant plusieurs mois le froid si rigoureux des régions polaires.

GÉNÉTIQUE. — *Sur un hybride* haplodurum *issu du croisement de deux* Triticum vulgare. Note de Mlle **A. Dusseau**, présentée par M. L. Blaringhem.

M. Em. Miège signalait (3 mai 1926) pour la première fois l'apparition d'*un autre type spécifique dans le croisement de deux blés d'une même espèce*, à savoir *Triticum durum* Desf., apparu dans la descendance hybride de deux Triticum vulgare : (*Tr. vulgare alborubrum* Körn. variété Indian Pearl × *Tr. vulgare oasicolum* D. variété Extrême sud algérien).

Or nous savons que les connaissances actuelles ont permis de répartir les blés en trois groupes :

1° Série en grain ou série diploïde, à 14 chromosomes somatiques (*Tr. monococcum*).

2° Série en grain double ou série tétraploïde à 28 chromosomes somatiques (*T. dicoccum*, *T. dicoccoïdes*, *T. durum*, *T. turgidum*).

3° Série épeautre ou série hexaploïde à 42 chromosomes somatiques (*T. spelta*, *T. vulgare*, *T. compactum*).

Tr. monococcum constitue à lui seul un groupe à part; il n'a jamais pu être croisé avec un autre blé du groupe à 42 chromosomes tandis qu'avec *T. durum* du groupe à 28 chromosomes, il a donné au moins un hybride fertile *Triticum monodurum* Blaringhem.

On n'a jamais non plus, à notre connaissance, noté sûrement le passage d'une série à une autre, soit spontanément, soit dans les croisements : le mutant haploïde de *Triticum compactum Humboldtii*, de Craines et Aase contenait 21 chromosomes et s'est d'ailleurs montré d'une fécondité extrêmement réduite; *Tr. durum* de Miège, signalé plus haut, dérivait en réalité d'un blé, *Tr. oasicolum*, que l'auteur lui-même reconnaît comme « assez particulier » tout en constatant combien son influence dans ce croisement se rapprochait de celle de *Tr. dicoccoides* dans les hybrides de Tschermak ou de J. de Vilmorin. Nous ferons simplement remarquer ici que *Tr. dicoccoïdes* appartient justement à la même série cytologique, à 28 chromosomes, que *Tr. durum* et que la formule caryologique de *Tr. oasicolum* ne nous est pas parvenue.

La présente Note a pour but de faire connaître l'apparition, dans la descendance du *croisement de deux Triticum vulgare vrais, d'un hybride fixé à phénotype de Tr. durum et génotype de Tr. monococcum* puisqu'il ne possède que 14 chromosomes somatiques. Autrement dit, du croisement de deux *Tr. vulgare* à 42 chromosomes, il est résulté un blé à 14 chromosomes (série *monococcum*) mais présentant tous les caractères morphologiques de *Tr. durum* qui, lui, possède 28 chromosomes.

En effet, en 1926 le croisement de deux *Tr. vulgare :* Blé de Padoue (*Tr. vulgare erythrospermum Körn.*) Inalettabile 38 × (*Tr. vulgare lutescens Körn.*) réalisé à Valence-sur-Rhône, aux Établissements Tézier frères, à partir de deux lignées pures obtenues, à Valence pour le Blé de Padoue, à Bologne par le Pr. Todaro pour Inalettabile, qui n'est que la lignée 38 de ses sélections de l'hybride Hâtif inversable de Vilmorin, a donné en F_1 5 plantes qui furent numérotées 1, 2, 3, 4, 5, sans que fût noté rien d'anormal.

En F_2, la descendance de la plante 1 offrait deux plantes durelloïdes qui furent étiquetées respectivement 1-1 et 1-2 et depuis lors soigneusement suivies.

La lignée 1-1 s'est montrée stable d'emblée reproduisant jusqu'à la F_5, récolte 1931, la plante mère isolée en F_2 ; c'est d'elle qu'il s'agira dans cette Note.

La lignée 1-2 a donné et donne encore de nombreuses disjonctions dont certaines sont encore à l'étude.

La plante étiquetée 1-1, en F_2, montrait un épi à faciès de *durum* barbu, rouge, pruineux, très dense, à glumes nettement carénées, à grain long, roux, glacé. Elle a conservé ces caractères avec celui de sa paille très rigide, de hauteur moyenne 120-135^{cm} au cours des années; ses feuilles dressées en lames de sabre lui donnent au printemps un aspect très caractéristique et suffiraient à la faire remarquer.

L'analyse du grain a donné 14,18 pour 100 de matières azotées pour la récolte 1930, 11,56 pour 100 pour la récolte 1931, chiffres de l'ordre de grandeur de ceux qu'ont ces mêmes années donnés les blés durs; par ailleurs l'étude biométrique du grain a donné également les caractéristiques des grains des blés durs : grains longs et minces, longueur moyenne 7^{mm}, rapport de la largeur à l'épaisseur $l/e < 1$.

L'ensemble des caractères montrant, semblait-il, qu'on avait affaire à un vrai *durum*, nous l'avons voulu vérifier par l'étude caryologique qui, à notre connaissance, n'a pas été faite pour l'hybride signalé par Miège.

Sûrs de l'identité des géniteurs et du caractère hybride de la plante considérée, étant donnée la disjonction notée en F_2 et qui continue à se manifester dans la lignée 1-2, nous nous attendions tout au plus à trouver un nombre de chromosomes réduit de 42 (formule des géniteurs *T. vulgare*) à 28, formule de *T. durum*.

Or l'étude répétée de nombreuses mitoses somatiques ne nous a rien révélé de semblable ; nous avons toujours trouvé $2n = 14$, soit la formule de *Tr. monococcum*, avec qui notre hybride ne possède cependant en commun aucun caractère spécifique ; nous pouvons donc considérer avoir affaire ici à une forme haploïde de *Triticum durum*, un *Triticum haplodurum* dont nous poursuivons l'étude dans le but de vérifier, à la fois dans les cellules somatiques et les cellules sexuelles de sa descendance, la constance de ce nombre réduit de chromosomes.

PHYSIOLOGIE. — *Le coefficient de partage hydrothermique.* Note (1) de M. **Jules Amar**, présentée par M. A. d'Arsonval.

Nous avons établi que la dépense en chaleur de vaporisation, sur peau et poumons, représente *les deux tiers* de la chaleur dite inutile parce

(1) Séance du 11 avril 1932.

qu'elle n'est employée ni au travail ni au rayonnement cutané [1]. Ce *coefficient hydrothermique* est constant, au repos comme au travail.

Mais quelle est la part de la sudation S dans ce total, et quelle est la part de la transpiration pulmonaire P ?

D'Arsonval avait, le premier, défini un coefficient P/S de partage thermique, disons plutôt hydrothermique.

Sur ce nouveau facteur physiologique nous allons apporter quelques précisions.

D'abord, nous pouvons calculer et mesurer la dépense P de transpiration pulmonaire.

1° *Calculs de* P. *Expériences*. — Au moyen de la soupape respiratoire Chauveau, et en intercalant un spiromètre et une tourie de 50 litres, nous absorbons la vapeur d'eau de l'air expiré. (On donnera le détail de cette technique très simple ailleurs.) Après déduction du poids de vapeur d'eau de l'air inspiré, nous trouvons :

Au repos et à 15-20°	$34^g,50$ d'eau par 1000^l
Au travail (sur cycle ergométrique)......	42^g en moyenne

Considérons maintenant les expériences américaines dont nous avons parlé dans la Note citée et aussi celles de Smith (1922). Nous avons *au repos* 9^l d'air expiré par minute, et en 24 heures 12960^l.

Cela fait en eau pulmonaire : $12,96 \times 34,5 = 447^g$ environ. En calories : $447 \times 0,592 = 264,6$ grandes calories. On avait $P + S = 881^g = 522^{cal}$ (par expérience), donc $P/S = 1,03$. C'est, sensiblement, *l'égalité au repos entre sudation et transpiration pulmonaire*.

Passons au cas de l'exercice musculaire. *Pour un travail de* 8 *heures* ($T = 604^{cal}$) on a :

$$27^l \times 60 \times 8 = 12960^l \text{ d'air expiré.}$$

Les 16 heures de repos représentent $9 \times 60 \times 16 = 8640^l$. Ensemble

$$12960 + 8640 = 21600^l.$$

Cela fait, en 24 heures et en moyenne,

$$(12,96 \times 42) + (8,64 \times 34,5) = 842^g,40 \text{ d'eau}$$

ou

$$842,40 \times 0,592 = 498,70 \text{ grandes calories.}$$

On avait

$$P + S = 3297^g,80 = 1952^{cal},2 \text{ (par expérience).}$$

[1] JULES AMAR, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 484.

Le coefficient de partage hydrothermique sera donc, pour un travail de 604^{cal} en 8 heures,

$$P/S = \frac{498,7}{(1952,2 - 498,7)} = 0,35 \text{ environ.}$$

un peu plus du tiers (¹). Ainsi le travail a élevé la sudation bien au-dessus de la transpiration pulmonaire.

2° *Calcul du coefficient de partage.* — Observons, et c'est très important, que P est proportionnel à la ventilation des poumons, elle-même déterminée par le besoin d'oxygène. Approximativement, la valeur de P suit donc celle des combustions, et représente une *fraction constante* de la dépense d'énergie totale (²):

Nous avions, dans les deux exemples précités,

$$P = \frac{264,6}{2397} = 1/9 \quad \text{et} \quad P' = \frac{530}{5176} = 1/9, \text{ environ.}$$

Ainsi *la chaleur dissipée en transpiration pulmonaire est la neuvième de l'énergie totale.* En conséquence : *La chaleur dissipée dans la sudation est égale aux deux tiers de la chaleur inutile, diminués du neuvième de l'énergie totale.*

Reprenant nos formules, et écrivant (*loc. cit.*)

$$P = \frac{Q}{9}, \qquad P' = \frac{Q'}{9},$$
$$S = \frac{2}{3}(Q - R) - \frac{Q}{9}, \qquad S' = \frac{2}{3}(Q' - R - T) - \frac{Q'}{9},$$

nous obtenons aisément :

Au repos : $P/S = Q/5Q - 6R$, soit un coefficient de partage toujours supérieur à $1/5$, n'ayant cette valeur qu'à la neutralité thermique ($R = 0$);

Au travail : $P'/S' = Q'/5Q' - 6(R + T)$, où l'on voit que le coefficient de partage diminue avec le travail. Cette dernière formule, appliquée à

(¹) Après un tel travail, la valeur de P au repos reste quelque temps supérieure à la normale (état initial), et conduirait à un total de 530^{cal} au lieu de 498,7; soit un rapport P/S voisin de 0,38. Il faudrait une installation pour expériences de longue durée si l'on veut obtenir des chiffres exacts.

(²) Smith donne des courbes à peu près parallèles (voir notre *Moteur Humain*, livre VI).

l'exemple susmentionné, donne $P'/S' = 0,40$ exactement, au lieu de 0,38 calculé [1].

Conclusion. — Le coefficient de partage hydrothermique est un facteur comportant une définition précise chez les animaux à température constante. On y reconnaît la présence d'un centre nerveux de thermo-régulation, et l'on peut en déduire d'importants enseignements.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Principe d'une méthode physique permettant de suivre les transformations qui se produisent par dilution dans un sérum.* Note de MM. **Augustin Boutaric** et **Maurice Doladilhe**, présentée par M. C. Matignon.

1. Nous nous sommes proposé d'étudier, par des mesures de densité optique effectuées au moyen du photomètre de Vernes, Bricq et Yvon, les phénomènes qui se produisent dans le sérum de cheval normal, par dilution progressive de celui-ci au moyen d'eau distillée. Nous désignerons par l le volume que fournit ainsi, après dilution, 1^{cm^3} de sérum. Entre certaines limites, cette dilution entraîne l'apparition d'un trouble, attribué par la plupart des auteurs, à la séparation des globulines.

Soit N le nombre total des particules de globuline de volume moyen v, présentes, à un instant donné, dans le mélange de sérum et d'eau de volume l. Le nombre des particules par unité de volume est N/l, et si les particules sont assez petites pour que la densité optique puisse être calculée par la formule de Lord Rayleigh, on aura, pour cette densité optique :

$$h = A \cdot \frac{N}{l} v^2 \frac{n^2 - n_0^2}{n^2 + 2n_0^2}, \tag{1}$$

n désignant l'indice de la matière constituant les particules, n_0 celui du liquide et A un coefficient dépendant de la longueur d'onde sous laquelle la mesure est effectuée.

---

(1) De même, au repos, la formule donne

$$\frac{P}{S} = \frac{2397}{(5 \times 2397) - (6 \times 1600)} = 1,03,$$

comme plus haut.

De l'équation (1) on tire :

$$hl = \text{A.N.}v^2 \frac{n^2 - n_0^2}{n^2 + 2n_0^2}.$$

Or l'un de nous a montré [1] que, quelle que soit la manière dont se produisent les particules, par simple agglomération de molécules, par gonflement de celles-ci, au sein du solvant, ou, à la fois, par agglomération et gonflement, l'expression $Nv^2(n^2 - n_0^2)/n^2 + 2n_0^2$ est, en définitive, proportionnelle au volume individuel des particules, à la seule condition que la formule de Lord Rayleigh soit applicable.

Ainsi, dans cette hypothèse, le produit $l.h$ du facteur de dilution l par la densité optique h mesurée en lumière rouge, sur le sérum dilué, peut être considéré comme proportionnelle au volume moyen v des particules de globuline qui se séparent par dilution. Même si la formule de Lord Rayleigh n'est pas suivie rigoureusement, on peut admettre que le produit lh varie dans le même sens que ce volume v.

II. Pour une dilution donnée, on constate, dans tous les cas, que la densité optique croît en fonction du temps qui s'écoule après l'addition d'eau au sérum et atteint une certaine valeur limite au bout d'un temps t. Si la dilution est très forte ou très faible, la densité optique du mélange peut conserver cette valeur limite pendant plusieurs heures et même plusieurs jours, c'est-à-dire pendant un temps pratiquement indéfini. Pour des dilutions intermédiaires voisines de valeurs qui seront précisées plus loin, l'opacité limite peut ne se maintenir qu'un temps relativement court; elle précède et annonce la floculation des globulines et leur sédimentation. Dans tout ce qui suit, nous envisageons uniquement ces valeurs limites de la densité optique, les seules qui puissent être considérées comme définies expérimentalement.

Le tableau suivant donne, pour les diverses dilutions : 1° les valeurs du produit lh; 2° le temps t au bout duquel est atteinte la densité optique limite.

l.	lh.	t.	l.	lh.	t.
1	0,09	–	9	5,04	60′
2	0,10	–	10	5,00	60
3	1,35	15′	11	5,08	60
4	2,40	29	13	5,07	60
5	4,00	35	15	4,20	55
6	4,38	50	20	2,20	20
8	4,96	55	25	2,20	20

(1) A. Boutaric, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1332; *Bulletin de la Société chimique de France*, 4e série, 49, 1931, p. 389.

Lorsque la dilution l croît, le produit lh, qui part de 0,09 pour $l = 1$ (sérum non dilué), croît d'abord lentement, puis de plus en plus vite, passe par un maximum pour l compris entre 8 et 13, décroît d'abord lentement, puis beaucoup plus vite, enfin la décroissance devient de moins en moins sensible et le produit lh finit par atteindre une valeur limite voisine de 2,20.

D'après la méthode que nous avons indiquée, c'est au voisinage des dilutions comprises entre 8 et 13 que les particules qui prennent naissance ont leur plus grande dimension. Effectivement, c'est pour ces valeurs que la sédimentation est la plus rapide. Elle devient de plus en plus lente à mesure qu'on s'écarte de ces valeurs, dans un sens ou dans l'autre, et elle ne se produit plus pour les valeurs de l inférieures à 3 ou supérieures à 20. On comprend ainsi que, pour une grande dilution, le sérum ne donne lieu à aucune précipitation.

La limite inférieure $l = 3$ qui représente la dilution pour laquelle commence à se manifester la fragilité du sérum à l'action de l'eau correspond à une concentration de sérum dans le mélange de 33 pour 100, égale à celle trouvée par M. Lecomte du Noüy ([1]) à partir de mesures de diffusion.

La méthode dont nous indiquons le principe permet de caractériser, avec précision, la sensibilité d'un sérum à l'action de l'eau : 1° par les valeurs l de la dilution qui correspondent au maximum de précipitation; 2° par la valeur du produit lh relative à ce maximum. Elle permet d'étudier à ce point de vue, d'une part les modifications qu'éprouve, *in vitro*, un sérum déterminé sous l'inflnence de divers facteurs, et d'autre part les altérations résultant d'états pathologiques. Nous poursuivons ces recherches.

BIOPHYSIQUE. — *L'effet de la diathermie intense sur les plantes.* Note de M. **Neda Marinesco**, présentée par M. Jean Perrin.

Il existe normalement un état d'électrisation de contact entre les parois des tubes capillaires ligneux des plantes et la solution minérale constituant la sève qui monte à travers la tige. Par suite, chaque fois qu'il se produit un déplacement de liquide à l'intérieur des vaisseaux ligneux, une différence de potentiel prend naissance entre deux points quelconques de la tige, dit potentiel de filtration ou électrocinétique. Dans ces conditions, en appliquant une f. é. m. excitatrice entre deux points de la plante, on peut provoquer par osmose électrique une ascension ou une descente de la sève suivant l'orientation par rapport à la tige du potentiel appliqué.

([1]) Lecomte du Noüy, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 106, 1931, 85.

J'ai montré précédemment que, dans le cas de quelques espèces telles que Fuchsia, Géranium, Araucaria, la sève transporte les charges négatives alors que la couche positive est retenue sur les parois des vaisseaux capillaires. En portant sur un graphique, en ordonnées les potentiels de filtration proportionnels au débit de la sève et en abscisses les potentiels excitateurs (retardateurs, contrariant l'ascension ou accélérateurs, favorisant l'ascension du liquide), nous avons obtenu de véritables caractéristiques de détecteurs électriques [1]. En effet, pour des f. é. m. accélératrices ou retardatrices égales en valeur absolue, la sève monte plus facilement qu'elle descend; il y a donc détection, car les charges négatives portées par le liquide se déplacent beaucoup mieux vers le haut que vers le bas de la tige.

On peut alors monter une telle plante en détecteur d'assez bon rendement; il suffit de l'intercaler par l'intermédiaire de deux contacts métalliques enfoncés dans la tige à quelques centimètres de distance, entre le circuit-plaque de la dernière lampe haute-fréquence et la grille de la première basse-fréquence. Vu la grande résistance de la tige, le premier étage de basse-fréquence doit être à résistance et non pas à transformateur, car ce dernier réclame beaucoup d'intensité, donc peu de résistance dans le circuit primaire.

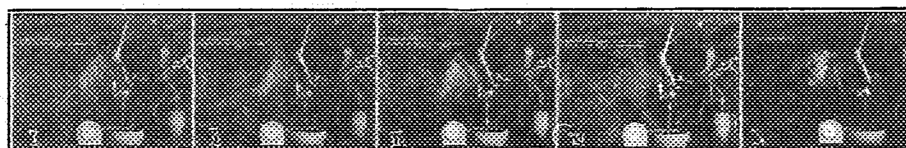
J'ai analysé de plus près ce phénomène de détection en faisant agir le rayonnement de générateurs de haute fréquence à lampes avec des puissances utiles variant de 250 watts à 1,5 kilowatt et de longueurs d'onde comprises entre $3^{m},10$ et 600^{m}. La plante est placée à quelques centimètres de distance de la bobine émettrice avec la tige dans le plan de spires. En l'attaquant ensuite par la haute fréquence et en mesurant le potentiel de filtration [1], ce dernier augmente énormément de deux à trois fois la valeur normale et tend vers une limite en fonction du temps. Autrement dit, la sève monte plus abondamment, mais le débit ne peut pas augmenter indéfiniment. En effet, la phase positive de l'onde électromagnétique fonctionne comme champ accélérateur [1] et les charges négatives (donc la sève) sont portées vers le haut. Dans la demi-période suivante le potentiel instantané est retardateur, par suite la sève est descendue, mais beaucoup moins qu'elle a été montée une demi-période plus tôt par suite de l'effet détecteur. Bref, la haute fréquence, comme le champ statique, force la sève à monter plus abondamment. Cette conclusion est entièrement d'accord

---

(1) Marinesco, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 89.

avec les résultats expérimentaux obtenus par R. Audubert et Heim (*Bull. Recherches et Inventions*, n° 18, avril 1921). Ces auteurs ont montré que l'action des effluves électriques produits par transformateur (qui sont donc des radio-ondes amorties) ont une action très favorable sur le développement de certaines céréales. En expérimentant avec plusieurs lots identiques d'alpeste (graminée), j'ai constaté également une influence tout à fait nette de la haute fréquence non amortie et dans le même sens que R. Audubert et Heim. J'ajoute toutefois que la diathermie prolongée jusqu'à 30 minutes sous 1 kilowatt est dangereuse et brûle les petits germes de 5^{mm} à 10^{mm} alors qu'au contraire en divisant le même temps en 10 séances de 3 minutes chacune, le développement est plus rapide que pour le témoin non exposé.

Or on constate avec les grandes plantes (Araucaria, Géranium) que le potentiel de filtration dû à l'ascension de la sève augmente en fonction du



temps de diathermie et tend vers un palier limite. En effet, quand la haute fréquence agit, les charges négatives s'accumulent vers la partie supérieure de la tige et dans la couronne, alors que la racine et la partie inférieure de la tige retiennent les charges positives; il se produit ainsi une sorte de polarisation de la plante. D'autre part, comme la tige est un très mauvais isolant, un courant de fuite prend naissance, tendant à neutraliser les charges ainsi séparées par l'effet détecteur. En un mot, quand la « capacité » racine-couronne est chargée à bloc, il est superflu de continuer à la surcharger au delà du palier limite, car le courant de fuite peut prendre une telle intensité et l'échauffement par pertes ohmiques devenir si important que la tige peut s'enflammer et « sauter comme un plomb coupe-circuit survolté ». La figure ci-dessus représente précisément quelques vues de l'enregistrement cinématographique d'un araucaria placé dans un champ de haute fréquence de 1^{kw}, 5 et 350^{m} de longueur d'onde.

Dans les positions I, II, III, la plante fléchit progressivement pendant qu'elle flambe et fume à peu près au milieu de la tige; en IV, la couronne et la partie supérieure de la tige se séparent et tombent définitivement, et en V on montre les deux tronçons séparés.

Ces phénomènes montrent qu'il ne faut pas, dans les opérations de forçage des plantes par diathermie, pousser à outrance ni la puissance rayonnante ni le temps d'exposition; il faut s'arrêter avant le palier limite du potentiel de filtration en fonction du temps, sinon les plantes peuvent être tuées par l'échauffement ohmique, dû au courant continu qui neutralise les charges de signe contraire séparées par l'effet détecteur.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La combustion de l'alcool chez l'homéotherme.* Note de M. MAURICE NICLOUX, présentée par M. L. Lapicque.

J'ai montré (¹) que, chez un pœcilotherme (Grenouille), la vitesse de combustion de l'alcool, mesurée par la quantité de cette substance comburée en 24 heures, obéit à la règle de van't Hoff et que le coefficient thermique déterminé entre 1 et 12°, 12 et 16°, 16 et 22°, 22 et 29°, prend des valeurs voisines de 2; c'est dire que pour un écart de température de 10°, la vitesse de combustion double.

J'apporte aujourd'hui les résultats d'une série d'expériences sur la combustion de l'alcool en fonction du temps chez un homéotherme de petite taille, la Souris blanche, lorsqu'on place l'animal au point de neutralité thermique, soit 30°.

L'appareillage, le mode opératoire sont exactement ceux que j'ai utilisés pour la grenouille, il en est de même pour tout ce qui concerne le dosage microanalytique de quantités d'alcool de l'ordre du milligramme et même du dixième de milligramme (²): les animaux reçoivent en injection sous-cutanée une quantité exactement déterminée, a, d'alcool en solution diluée, puis ils sont placés dans un appareil en verre, maintenu à la température constante de 30°, parcouru par un courant d'air atmosphérique; après un temps donné, on détermine la quantité, b, d'alcool restant dans l'organisme d'une part, celle, c, éliminée par le poumon et la peau (éventuellement par l'urine) d'autre part; on en déduit ainsi la quantité comburée $q = a - (b + c)$.

J'ai conduit sur ce plan 24 expériences, je me contenterai de faire figurer dans le tableau suivant les principales données numériques concernant seulement 12 d'entre elles.

(¹) M. NICLOUX, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 364, et *Bull. Soc. Chim. biol.*, **13**, 1931, p. 857-918.

(²) M. NICLOUX, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 985, et *Bull. Soc. Chim. biol.*, *loc. cit.*

Poids des animaux.	Durée de l'expérience.	Alcool injecté. Par gramme de poids du corps.	Alcool injecté. Quantité absolue.	Alcool comburé. Quantité absolue.	Alcool comburé. Par gramme de poids du corps et par heure.
g	heures, minutes	mg	mg	mg	mg
33,5	10m	0,18	6,11	3,69	0,66
23,8	20m	0,41	9,62	5,24	0,66
22,2	15m	0,84	18,76	3,68	0,66
26,2	30m	0,88	23	8,53	0,65
23,5	60m	0,86	19,9	15,26	0,65
23,1	1h	1,58	37,7	13,9	0,60
22,6	2h	1,61	36,7	26	0,58
23	1h	2,94	68,5	14	0,61
23,7	2h30m	2,97	70,4	35,8	0,60
25,5	1h30m	3,92	100	25,8	0,67
24,3	3h30m	4,1	99,8	56,9	0,67
24,5	6h30m	4,47	109,6	94,7	0,60

Ainsi, chez l'homéotherme de petite taille (Souris) placé au point de neutralité thermique (30°), la quantité d'alcool brûlé est proportionnelle au temps, et cela quelle que soit la quantité d'alcool injecté qui a pu varier dans des limites très larges de 1 à 25 ([1]), elle est de plus proportionnelle au poids de l'animal. Finalement on peut en conclure que la *quantité d'alcool brûlé dans l'unité de temps, pour l'unité de poids du corps, est* CONSTANTE, *égale, chez la Souris blanche à* 0mg,65 (*chiffre moyen*) *par gramme-heure*. Je propose de nommer cette constante *coefficient d'éthyloxydation*.

Expériences, résultats, conclusions, valent-ils pour d'autres homéothermes? Dans ce cas, quelle est pour une espèce animale donnée la valeur de ce coefficient ([2])? Est-il susceptible de variations à l'état physiologique et des conditions expérimentales déterminées peuvent-elles en provoquer l'augmentation ou la diminution? C'est là autant de questions qui restent encore sans réponse.

([1]) Exactement de 0mg,18 par gramme à 4mg,47. Pour un homme de 70kg : la première de ces quantités représente 12g,6 d'alcool absolu, soit 167cm³ ou 1/6e de litre de vin à 10°, ce qui est très peu; la seconde à 313g d'alcool absolu, soit 875cm³ d'eau-de-vie à 45°, ce qui est considérable et peut être même au voisinage de la dose mortelle.

([2]) Widmark est arrivé, indirectement, par la simple mesure à des intervalles de temps déterminés, de la quantité d'alcool contenu dans le sang, pendant la période qu'il appelle *postrésorptive*, à fixer pour l'homme à 0g,1 la quantité d'alcool comburé par kilogramme/heure. Comme chez la Souris cette quantité s'élève, comme on vient de le voir, à 0mg,65 par gramme/heure, soit 0g,65 par kilogramme/heure, il en résulte que le coefficient d'éthyloxydation est environ six fois et demi plus élevé chez la souris que chez l'homme.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Huile de poisson lune, modifications dues aux parasites, teneur anormale en cholestérine.* Note de M. **Henri Marcelet**, présentée par M. C. Matignon.

A ma connaissance, on n'a jamais signalé les modifications de constitution et de teneur en huile que les foies d'animaux marins pouvaient subir du fait du développement plus ou moins grand des parasites.

Le hasard m'a permis d'extraire l'huile du foie de trois « poisson lune » (*Orthagoriscus mola*, Schneid.) et j'ai eu la chance de trouver d'abord un animal à foie sain, puis un autre contenant peu de parasites (*Anthocephalus gigas*) et enfin un dernier qui en était absolument farci, au point que l'organe était blanc et légèrement spongieux.

La constitution de l'huile fournie par ces trois animaux devait, si les parasites ne s'étaient pas implantés puis développés, être sensiblement identique, or la pullulation de ces derniers l'a profondément modifiée en quantité d'abord puis en qualité : c'est ce qui m'a incité à signaler les résultats obtenus, en attirant tout spécialement l'attention des biologistes sur les modifications profondes subies par le corps gras par suite du développement des parasites dans un organe sain.

Les trois animaux ont été capturés en vue de Nice.

	N° 1.	N° 2.	N° 3.
Date de capture........	13,5, 1924	13,4, 1926	21,3, 1932
Poids du poisson.......	35kg	10kg	20kg
Poids du foie..........	1303g	268g	545g
État du foie............	sain	peu parasité	très parasit.
Couleur du foie........	brun	brun, rares marbr.	blanc
Huile extraite..........	440g	95g	15g
Teneur pour 100 du foie en huile.............	31g	35g	2g,7

L'huile a été extraite par l'éther.

Le rendement en corps gras a été grandement modifié par suite de la présence des parasites : l'organe sain a donné 31 pour 100 d'huile, alors que fortement parasité, il n'a plus donné que 2,7 pour 100. Faut-il interpréter l'augmentation (35 pour 100) constatée pour le deuxième animal comme une manifestation de défense de l'organisme contre les parasites?

Les huiles extraites sont totalement différentes comme aspect et comme consistance :

Huile extraite du foie sain : jaune ambré clair, fluide à la température ordinaire, de nombreux cristaux se déposent à 15°.

Huile extraite du foie peu parasité : ambré, très épaisse, ne coulant pas à 15°, la cristallisation observée dans l'huile précédente ne se produit pas.

Huile extraite du foie très parasité : ambré noirâtre, moins épaisse que la précédente, fluide à 15°, des cristaux la troublent.

Les trois huiles ont une odeur vireuse.

Le tableau suivant résume les quelques déterminations faites sur ces huiles :

État de l'organe.	N° 1. Foie sain.	N° 2. Foie peu parasité.	N° 3. Foie très parasité.
Densité à 15°	0,9322	0,9654	0,9570
Déviation à l'oléoréfractomètre à 22°	+82	trop colorées et opaques	
Indice de réfraction à 22°	1,4875	»	
» 45°	1,4631	1,4595	1,4622
Acidité exprimée en ac. oléique pour 100.	1,55	6,00	4,00
Indice de saponification	165	219	154
Indice d'iode, Hanus, de l'huile	197	92	90
» » des ac. gras totaux.	83	70	116
Insaponifiable pour 100	37,0	8,5	20,8
Cholestérine pour 100	35,5	8,0	20,0

Ces résultats, évidemment fort incomplets par suite de la trop petite quantité d'huile que je possédais, sont très intéressants car ils montrent les modifications énormes qui se sont produites dans la constitution de l'huile, du fait de la présence plus ou moins grande des parasites.

Dans les trois huiles, l'insaponifiable est presque en totalité constitué par de la cholestérine. J'ai pu isoler de l'huile n° 1 une petite quantité (1^g,50 pour 100 d'huile) d'un produit liquide, jaune, très aromatique, indice d'iode 66, indice de réfraction 1,4565 à 18°, qui pourrait être, d'après ces données, de l'alcool sélachylique, mais je n'ai pu nettement l'identifier par suite de la trop petite quantité de produit isolé.

Cette teneur extrêmement élevée d'une huile en cholestérine n'a jamais été signalée, la moyenne observée jusqu'ici ne dépasse pas 1 pour 100.

La présence des parasites a apporté de telles modifications dans la quantité et la qualité de l'huile contenue dans le foie, qu'une étude plus approfondie serait certainement intéressante non seulement pour ce poisson mais pour tous ceux qui sont dans le même cas.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Présence accidentelle d'acroléine dans les eaux-de-vie de cidre.* Note de MM. **G. Warcollier** et **Aug. Le Moal**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Notre attention a été attirée sur des eaux-de-vie provenant de la distillation de cidres et de poirés de la dernière récolte qui renfermaient des doses importantes d'acroléine, aldéhyde qu'on ne rencontre jamais dans les eaux-de-vie de cidre ou de poiré normales. Pendant la distillation de ces cidres, l'ouvrier distillateur se trouvait incommodé, suffoqué; les yeux pleuraient, les muqueuses du nez étaient fortement impressionnées, la respiration devenait difficile.

La caractérisation de l'acroléine a été obtenue par des réactions variées et spécifiques qui permettent d'identifier sûrement cet aldéhyde.

Réaction à la codéine. — En milieu sulfurique : coloration verte, très fugace.

Réaction de Voisenet (1). — (Albumine-acide chlorhydrique nitreux); belle coloration verte. Cette réaction réussit bien avec des teneurs en acroléine comprises entre $0^{mg},1$ et 1^{mg} par litre.

Nous avons noté à propos de cette réaction : 1° que si la richesse en acroléine est trop élevée, on obtient, au lieu de la coloration verte caractéristique, une coloration jaune; 2° que la présence d'aldéhyde éthylique à dose élevée gêne l'apparition de la coloration verte; 3° que l'aldéhyde méthylique, n'existant qu'à l'état de traces dans les eaux-de-vie, ne modifie pas sensiblement, par la coloration violette qu'il donne, celle caractéristique de l'acroléine.

Réaction d'Arnold et Mentzel (2). — Cette réaction au chlorhydrate de phénylhydrazine et au chlorure ferrique, qui permet de caractériser l'aldéhyde méthylique (coloration rouge), peut servir également à caractériser l'acroléine (teinte verte), à condition qu'on ait 1^{mg} environ de ce corps dans la prise d'essai.

Les eaux-de-vie de cidre et de poiré renfermant seulement des traces d'aldéhyde méthylique donnent d'abord, avec le réactif, une coloration rouge qui disparaît assez vite et à laquelle succède une coloration verte légèrement bleutée due à l'acroléine.

---

(1) *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 879.

(2) Voir Denigès, *Précis de Chimie analytique*, 5e édition, p. 172.

Réaction d'Arnold et Mentzel modifiée. — En supprimant le perchlorure de fer dans le réactif, nous avons obtenu après 12 à 24 heures une teinte verte dont l'intensité est proportionnelle à la richesse de la solution en acroléine. Les aldéhydes méthylique et éthylique ne fournissent dans les mêmes conditions aucune coloration pouvant se confondre avec la précédente.

Réaction de Schiff-Gayon. — Cette réaction à la fuchsine décolorée par l'acide sulfureux n'est pas caractéristique de l'acroléine, puisque la plupart des aldéhydes la donnent, mais, en la modifiant légèrement, on obtient une réaction vraiment spécifique de l'acroléine. Les aldéhydes méthylique et éthylique à doses faibles ne la gênent pas. Il suffit d'effectuer la réaction en milieu fortement sulfurique (à 5^{cm^3} de solution d'acroléine renfermant au moins 2^{mg} d'acroléine, ajouter 5^{cm^3} d'acide sulfurique au 1/2. Plonger le tube dans l'eau froide, agiter. Ajouter ensuite 4^{cm^3} de réactif de Schiff-Gayon). Il se développe lentement une belle coloration vert pomme qui est stable et persiste longtemps.

Cette réaction permet de doser l'acroléine en comparant à un témoin de teneur connue en acroléine (solution d'acroléine à 1^g et à 10^g pour 1000 en solution alcoolique à 95° G.-L. Sous cette forme, ces solutions sont stables pendant un assez long temps.

En opérant suivant la technique indiquée, nous avons mis en évidence, dans des cidres et poirés anormaux et dans des eaux-de-vie provenant de pareils cidres et poirés, la présence d'acroléine aux doses suivantes :

	Cidres.			Eau-de-vie de cidre.				Eaux-de-vie de poiré.
	I.	II.	Poiré.	I.	II.	III.	IV.	
Acroléine par litre	0g,050	0g,100	0g,120	0g,120	0g,150	0g,750	1g,66	0g,625
Acroléine par hecto d'alcool à 100°	–	–	–	18,1	21,7	110,0	255,4	86,0

La présence de l'acroléine peut s'expliquer par sa formation aux dépens du glycérol. Il est intéressant de noter que la déshydratation du glycérol et sa transformation en acroléine peuvent être réellement effectuées à l'aide d'un ferment contenu dans les eaux et qui serait identique avec le *Bac. amaracrylus*, agent de la maladie de l'amertume des vins (¹). La faculté de produire de l'acroléine aux dépens du glycérol serait d'ailleurs une propriété caractéristique des microbes appartenant au groupe du *Bac. Welchii* (²).

(¹) E. VOISINET, *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 363 et 378; 158, 1914, p. 195 et 734.

(²) F. B. HUMPHREYS, *Journ. Inf. Diseases*, 35, 1924, p. 282.

Jusqu'ici nous n'avons pas encore réussi à reproduire la formation de l'acroléine aux dépens du glycérol à l'aide des microbes isolés par nous à l'état pur en partant des cidres malades étudiés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Répartition du chloroforme dans l'œuf de poule au cours de l'intoxication du germe par cet anesthésique. Ordre de grandeur de la dose toxique cellulaire.* Note de Mme **S. Lallemand**, présentée par M. A. Desgrez.

J'ai étudié (1) l'action de divers poisons gazeux et volatils sur les cellules indifférenciées du germe de l'œuf de poule, cherchant, par le choix d'un tel objet d'étude, à supprimer l'influence possible de la spécificité cellulaire et, par cela même, à mettre en évidence l'existence ou l'absence d'une toxicité qu'on peut appeler fondamentale. Cette étude entreprise sur le chloroforme a montré que ce corps pouvait être placé parmi les toxiques fondamentaux, car, après cinq heures de séjour dans une atmosphère chloroformique saturante à 18°, l'œuf, mis en incubation, n'est plus susceptible de se développer.

J'ai essayé de rechercher par quel processus s'effectuait l'intoxication des cellules du germe. Celles-ci ne peuvent être atteintes par le toxique qu'après passage de ce dernier à travers la coquille, les deux feuillets de la membrane coquillière, l'albumen et la membrane vitelline dont Needham, Smith, Shepherd et Stephenson (2) ont rappelé récemment la résistance à la perméabilité. J'ai étudié quelle était la répartition du chloroforme dans l'albumen et dans le vitellus au cours de l'intoxication et même au delà. Dans ce but, des œufs ont été placés pendant des temps variables dans une atmosphère de chloroforme, à une température de 18°, la tension étant saturante. A la sortie de l'atmosphère nocive, j'ai déterminé immédiatement, par le procédé de Nicloux (3), les teneurs en chloroforme du blanc et du jaune.

Les résultats de ces dosages ont montré que la pénétration du chloroforme dans l'albumen, rapide pendant la première heure, se ralentit peu à peu; la saturation est atteinte vers 50 heures; la quantité de chloroforme par gramme de blanc est alors voisine de 6^{mg}; elle demeure sensiblement la

(1) S. Angel, *Recherches sur la toxicité cellulaire de poisons gazeux et volatils.* (Thèse de pharmacien supérieur, Strasbourg 1928).

(2) Needham, Smith, Shepherd et Stephenson, *C. R. Soc. Biol.*, 109, p. 688.

(3) M. Nicloux, *Bull. Soc. chim. France*, 35, 1906, p. 321.

même après séjour des œufs pendant 160 à 240 heures dans l'atmosphère toxique. La fixation du chloroforme dans l'albumen paraît attribuable à l'eau qu'il renferme, la saturation se produisant pour un rapport des teneurs en chloroforme et eau voisin de 1/141, la solubilité du chloroforme dans l'eau étant de 1/111.

Au contraire de l'albumen, le jaune est susceptible de fixer de grandes quantités de chloroforme. Après un séjour de 238 heures dans l'atmosphère toxique, la concentration par gramme de vitellus atteint 65^{mg}. Cette grande absorption de chloroforme s'explique vraisemblablement par la richesse en lipides de la masse vitelline.

Au moment de l'intoxication du germe, c'est-à-dire après séjour des œufs pendant 5 heures dans l'atmosphère toxique, les concentrations de chloroforme dans l'albumen et dans le vitellus sont sensiblement égales : $2^{mg},7$ environ par gramme de blanc, $2^{mg},4$ par gramme de jaune. Considérant la constitution physico-chimique de l'albumen, du vitellus et du germe, nous admettrons que la concentration du chloroforme, sensiblement la même dans le blanc et dans le jaune, se retrouve aussi dans les cellules du germe.

On peut dès lors calculer ([1]) le poids de chloroforme absorbé par le germe. Il est voisin de 7.10^{-4} mg pour l'ensemble du germe; or, comme celui-ci est approximativement formé de 225000 cellules, la dose toxique cellulaire serait de l'ordre de 3.10^{-9} mg de chloroforme.

MICROBIOLOGIE. — *Existence d'un principe lysant le bacille de Yersin dans le sang d'une convalescente de peste.* Note de M. **M. Advier**, présentée par M. F. Mesnil.

Il semble bien, à notre connaissance, qu'aucun principe lysant le bacille pesteux n'ait, jusqu'à présent, été retiré du sang de l'homme.

C'est dans les déjections de malades ou dans les excréments de rats, au cours d'épizooties, que d'Hérelle, et après lui d'autres microbiologistes, ont trouvé un bactériophage actif contre le bacille de Yersin. Celui que Couvy a utilisé dans le traitement de la peste, au Sénégal, a été isolé d'un filtrat de selles([2]).

([1]) Le calcul est fait pour un œuf moyen : volume total de 50^{cm^3}, diamètre du germe 3^{mm}, épaisseur moyenne du germe $0^{mm},040$, teneur en chloroforme 130^{mg}.

([2]) Couvy, *Note sur un principe lytique pour le bacille de Yersin isolé de selles de convalescents de peste* (*Bull. Soc. Path. exot.*, 23, 1930, p. 943).

Sertic a obtenu un principe analogue en filtrant une eau d'égout de Paris, et ce bactériophage, entretenu ensuite par Eliava au laboratoire de Dujardin-Beaumetz, est, depuis deux ans, étudié à l'Institut Pasteur de Dakar par Durieux.

On sait, par ailleurs, que l'autolyse de cultures en bouillon du bacille pesteux a été autrefois constatée par Haffkine.

Un fait d'un autre ordre, mais se rapportant au même sujet, vient d'être observé :

Le 5 mars 1932, la femme indigène Yakam D.... venant du village de Yombel, où sévissait depuis quelques jours une épidémie de peste, entrait à l'hôpital de Dakar. Elle ne présentait, hors une adénite crurale droite volumineuse mais absolument indolore, que bien peu de signes morbides : lèvres sèches, légère agitation et un peu d'asthénie. La température rectale était de 37°,4. Le suc obtenu en ponctionnant la masse ganglionnaire hypertrophiée ne renfermait que de très rares germes peu caractéristiques dont la présence ne permettait pas de poser un diagnostic ferme.

Cependant, deux parents de cette femme ayant été hospitalisés en même temps qu'elle pour peste bubonique manifeste et bactériologiquement confirmée, on estima qu'il n'était pas inutile de lui prélever du sang pour hémoculture, ce qui fut fait dans la matinée du 6 mars malgré l'absence de fièvre chez la malade.

Dans le bouillon ensemencé, examiné quotidiennement matin et soir, on ne découvrit, pendant les cinq premiers jours, aucun germe. Le 12 mars, apparut une culture de cocobacilles immobiles, Gram-négatifs, groupés par deux ou en courtes chaînettes, qui fut aussitôt reportée sur nouveau bouillon et sur gélose. Ces bacilles étaient bien, comme cela put être démontré ultérieurement, des bacilles de Yersin.

Le milieu ensemencé avec le sang de la malade, conservé, fut vérifié le 13 mars. Les microbes y étaient moins nombreux que la veille. Le 14, ils avaient complètement disparu.

En présence de ce fait, on pensa qu'il existait, dans le milieu redevenu stérile, un principe lytique et l'on chercha, immédiatement, à le mettre en évidence. L'hémoculture fut filtrée sur filtre Seitz n° 6 et un peu de liquide filtré fut placé dans un tube renfermant une émulsion en bouillon de bacilles pesteux. Après 2 heures de séjour dans l'étuve à 37°, le mélange était devenu clair, alors que l'émulsion microbienne conservée comme témoin, placée dans les mêmes conditions, restait nettement trouble.

Le bouillon, dans lequel fut repiquée l'hémoculture primitive au moment où des microbes y apparurent, est, depuis lors, resté constamment stérile et possède également la propriété de lyser le bacille pesteux. Quelques

gouttes de ce milieu, non filtré, ajoutées à une émulsion en bouillon d'une culture jeune sur gélose de bacille de Yersin, éclaircissent rapidement cette émulsion sans former de dépôt ou de floculat.

La lyse ainsi obtenue est transmissible. Il a été facile de la provoquer avec une dilution à 1/20000 du premier milieu qui l'a déterminée. Elle est strictement spécifique, ne s'exerçant qu'envers le bacille de Yersin et ne se produisant pas même quand on la recherche en utilisant des émulsions du bacille de la pseudo-tuberculose des rongeurs, de Vignal-Malassez.

Le repiquage sur gélose pratiqué le 12 mars a fourni, au bout de cinq jours, à la température de 22°, de très rares colonies grêles de bacilles de Yersin. Ces colonies ont pu être très difficilement reportées sur gélose et n'ont produit sur ce milieu qu'une culture minime, très lente à se manifester.

Ensemencées sur bouillon, elles ne s'y sont pas développées; le liquide est resté parfaitement limpide. Nous nous demandons si nous n'avons pas reporté sur les milieux de culture, en même temps que le bacille pesteux, le principe lytique. C'est ce que des recherches ultérieures nous permettront de vérifier.

MICROBIOLOGIE. — *Existence dans le bubon d'un pesteux convalescent d'un agent de la lyse transmissible, en dehors de sa présence dans l'intestin.* Note de MM. **R. Pons** et **C. Durieux**, présentée par M. F. Mesnil.

D'Hérelle déclare n'avoir trouvé un bactériophage antipesteux, actif, que dans l'intestin des rats capturés dans une région à endémicité pesteuse élevée; Doorenbos a isolé en même temps le bacille pesteux et son principe lytique du sang du cœur de certaines souris inoculées de peste et ayant reçu soit par la voie sous-cutanée, soit par la voie intestinale, un bactériophage spécifique. Chez l'animal, jamais la présence du principe lytique n'a été signalée dans le sang sans qu'il n'ait été possible de le mettre en évidence dans les selles. Chez l'homme, quelques microbiologistes (d'Hérelle, Couvy) ont décelé la présence du bactériophage antipesteux *uniquement dans les selles des convalescents.*

Au cours d'une épidémie de peste sévissant dans le village de Yombel au Sénégal, nous avons examiné, parmi une douzaine de malades hospitalisés, la femme Yakam Dia, malade depuis 4 à 5 jours. Son affection a débuté par des frissons, de la céphalée et une fièvre très élevée; le deuxième jour, il est apparu dans la région inguino-crurale un bubon douloureux qui a pris rapidement les dimensions d'un œuf de pigeon. Au moment de son entrée à

l'hôpital indigène, le 5 mars dans la soirée, Yakam Dia avait une température rectale de 37°,4; malgré cette faible réaction thermique, la malade est agitée, les lèvres sont séchées et crevassées, l'adénite inguinale droite est volumineuse, dure, non douloureuse.

Le 6 mars, nous pratiquons un ensemencement en bouillon de suc ganglionnaire retiré par ponction, sérosité qui présente à l'examen direct quelques cocobacilles Gram-négatifs.

L'état général reste bon pendant les jours qui suivent et la convalescence se poursuit normalement, si ce n'est une persistance anormale du bubon qui est encore volumineux le 19 mars, au moment du départ de Yakam Dia.

Le 7 mars, 30 heures après l'ensemencement du suc ganglionnaire, le bouillon se trouble légèrement en surface, donnant l'aspect caractéristique d'une culture de peste au début.

Le 8 mars, le bouillon est devenu parfaitement clair, la culture en surface a disparu, et l'agitation ne révèle aucun culot microbien; l'observation journalière ne témoigne d'aucune autre modification du milieu.

Le 15 mars, le bouillon peptoné, ayant été ensemencé avec le suc ganglionnaire, est éprouvé, au point de vue de la recherche d'un principe lytique, sur une culture jeune de peste.

La lyse débute à la fin de la deuxième heure et est totale entre 3 heures et demie et 4 heures. Le pouvoir lytique est tel que les émulsions sont éclaircies en 4 heures avec des dilutions de l'ordre de un vingt-cinq millionième. Cette lyse est transmissible et ne donne lieu à aucune culture secondaire; elle est spécifique. Ce principe est actif pour quatre souches de bacilles pesteux prises au hasard dans la collection entretenue à l'Institut Pasteur de Dakar, mais il est sans action d'emblée sur le bacille de Vignal-Malassez.

La recherche du pouvoir lytique dans les *selles* de la malade, effectuée le 11 mars, a été négative en partant du filtrat des dilutions de matière fécale, soit dès le prélèvement, soit après un séjour de 24 heures à l'étuve en bouillon peptoné.

M. Advier a ensemencé le sang de la même malade le 6 mars; il signale que l'hémoculture, positive le 12, renferme le 14 un principe lytique dont l'étude a fait l'objet de la Note précédente.

Conclusions. — 1° Nous avons isolé du ganglion, chez un pesteux bubonique convalescent, un agent de la lyse transmissible d'un pouvoir lytique élevé et spécifique pour le Bacille de Yersin.

2° Ce principe lytique a été isolé en dehors de sa présence dans les selles.

BACTÉRIOLOGIE. — *Remarques au sujet de la Note rectificative de M. Lakhovsky.* Note de MM. **Ph. Lasseur**, **M. Pierret**, **A. Dupaix** et **C. Maguitot**, présentée par M. Vincent.

En réponse à la Note rectificative de M. Lakhovsky, nous tenons à préciser les points suivants :

1° Nous avons cité ses deux Notes sans faire aucun rapprochement entre elles et uniquement parce que ce sont ces deux Notes qui ont attiré notre attention sur ses travaux ;

2° Il était nécessaire de préciser un point laissé dans l'ombre par M. Lakhovsky, à savoir pourquoi il avait employé telle forme de « circuit » plutôt que telle autre, le terme de « circuit » prêtant à équivoque dans le cas particulier et M. Lakhovsky n'ayant pas indiqué que la forme donnée au « circuit » métallique avait pour but une meilleure répartition du métal au sein du liquide dispersif, ce que nos expériences ont démontré.

De plus, dans sa Note du 15 avril 1929, M. Lakhovsky indique pour la surface de chaque « circuit » utilisé, d'une part 119^{cm^2}, d'autre part 72^{cm^2}, sans préciser si cette surface se rapporte à celle des spires, ce qui sous-entendrait une influence de la forme du circuit, ou si elle se rapporte à la surface du métal, ce que nous ne pensons pas, étant donné l'ordre de grandeur de ces surfaces. Dans ce dernier cas, les résultats obtenus par M. Lakhovsky seraient en contradiction avec l'hypothèse, admise par tous les auteurs, de la proportionnalité de l'action bactéricide à la surface du métal.

3° Nous ne pouvions reprendre que ce point de sa Note, tous les autres faits relatés dans le travail de cet auteur étant connus avant 1929.

4° Dans sa Note du 15 avril 1929, M. Lakhovsky conclut « *que l'action bactéricide du métal est purement physique et due à l'altération de l'oscillation du noyau en contact direct avec le métal* ». Il assimile donc le noyau (s'il existe) des plastides bactériennes à celui des cellules animales ou végétales. Or ce point reste à démontrer.

De plus on peut se demander comment concilier l'effet purement physique d'une masse d'argent métallique gênant l'oscillation cellulaire au sens de Lakhovsky et d'autre part, l'action antagoniste de l'étain vis-à-vis de l'argent (¹), d'autre part l'activation par la lumière des effets de l'argent sur *Convoluta* (²).

(¹) A. Drzewina et G. Bohn, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 571.
(²) A. Drzewina et G. Bohn, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 677.

BACTÉRIOLOGIE. — *Contribution à l'étude du pouvoir bactéricide de l'argent métallique vis-à-vis du bacille typhique et du colibacille.* Note de M. **André Kling**, présentée par M. H. Vincent.

Raulin ([1]), dans son Mémoire classique, a montré que les cultures d'*Aspergillus niger* ne se développaient pas dans un vase en argent. H. Vincent ([2]), de son côté, a prouvé que les cultures d'un certain nombre de bactéries (dont le bacille typhique et le *Coli B.*) étaient stérilisées au bout de temps variables par contact avec des pièces de métal d'argent.

Enfin Krause (Krause-Katadyne, *Entkeinnung ch. Zeit.*, 1929, p. 53-285) a démontré que l'eau d'alimentation, contenant des bacilles typhiques et des colibacilles, pouvait être stérilisée par séjour de quelques heures sur des substances poreuses recouvertes d'argent métallique.

Pour expliquer ces résultats, il a été proposé diverses hypothèses : action oligodynamique, accumulation d'oxygène à la surface du métal, intervention de circuits électriques oscillants, dont la fréquence serait modifiée par la présence de la masse métallique, etc.

La publication récente de deux Notes relatives à ce sujet ([3]) me détermine à soumettre à l'Académie quelques résultats d'un travail déjà ancien, que j'ai poursuivi en vue d'élucider le mécanisme suivant lequel l'argent métallique rend l'eau microbicide vis-à-vis des bacilles typhiques et des colibacilles.

1° L'argent métallique possède une légère solubilité dans l'eau. Pour le prouver, dans 10^l d'eau, distillée à deux reprises successives dans un appareil en platine, nous avons immergé une masse volumineuse d'argent métallique, dont la surface avait été soigneusement nettoyée, d'abord à l'ammoniaque étendue, puis à grande eau, à l'alcool, l'éther, et enfin sous un courant d'eau distillée. Ce fut dans le récipient même où s'était fait le nettoyage que fut introduite l'eau redistillée, avec une fraction de laquelle il fut procédé à un dernier lavage du métal et du récipient. Le contact entre l'eau et le métal fut maintenu, à 15°, durant plusieurs jours. Après quoi, l'eau séparée de l'argent fut filtrée et évaporée dans une capsule de platine. Il a été obtenu un très léger résidu dans lequel, par voie

([1]) *Thèse de Doctorat*, 1867, p. 133-134.
([2]) *Revue d'Hygiène*, 8, 1895, p. 693.
([3]) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1069; 194, 1932, p. 1024.

néphélométrique, j'ai dosé l'argent à l'état de chlorure. La quantité de métal trouvée dans le résidu fut $0^g,0005$. La concentration initiale de l'eau distillée, saturée d'argent, était donc de 5×10^{-5}.

2° La solution d'argent, ainsi obtenue, est nettement bactéricide vis-à-vis des bacilles typhiques et des colibacilles. En effet, si l'on introduit dans cette eau une goutte de culture de bacilles typhiques et de colibacilles (goutte qui apporte plusieurs milliers de bacilles par litre), on constate, au bout de 3 à 4 heures, que les bacilles ont été tués. Il n'est même pas nécessaire d'utiliser la solution mère, son produit de dilution dans 1 à 2 volumes d'eau distillée possède encore la propriété de détruire bacilles typhiques et colibacilles, en quelques heures.

3° Contrairement à ce qui a été dit, l'obtention de solutions argentiques stérilisantes ne nécessite pas l'intervention de l'oxygène. Ces solutions s'obtiennent indistinctement en opérant en présence, ou en l'absence complète de ce gaz, par exemple dans une atmosphère d'hydrogène ou d'azote, rigoureusement exempts d'oxygène.

4° Lorsqu'on a utilisé l'eau distillée pour préparer les solutions argentiques, celles-ci ne perdent rien de leur activité par ébullition. Par contre, si l'on fait bouillir de l'eau de la Vanne, ou de Seine, après les avoir activées par l'argent, le précipité de carbonate de chaux qui se forme, à l'ébullition, entraîne avec lui l'argent dissous et les eaux bouillies perdent leurs propriétés antiseptiques.

Cet entraînement est le résultat d'une adsorption, car la même perte d'activité d'une eau distillée, activée par l'argent, s'observe lorsqu'on la fait passer sur du sable (Dienert, *Ann. des Services tech. d'hygiène de la Ville de Paris*, 13, p. 99), soit calcaire, soit siliceux, ou sur du charbon activé.

L'électrolyse, en dépit de ce qui a été affirmé, ne fait pas perdre à l'eau activée ses propriétés antiseptiques [1].

5° L'addition, à l'eau activée, de chlorure de sodium ne modifie pas ses propriétés.

Par contre, l'action de H^2S, en excès, détermine dans l'eau activée l'apparition d'une très légère coloration brune, qu'on peut observer en regardant l'eau sous une assez grande épaisseur. Si, par ébullition, on

(1) Toutes précautions ont été prises pour se mettre à l'abri des erreurs pouvant résulter de la formation, par électrolyse, de produits accessoires susceptibles de troubler l'observation.

chasse l'excès de H^2S et qu'on la filtre, on constate que l'eau a perdu son activité vis-à-vis des bacilles typhiques et des colibacilles.

6° Les dissolutions argentiques peuvent être obtenues avec les diverses variétés d'argent métallique : lames, fils, argent réduit du chlorure, argent précipité par réduction, etc., pourvu que la surface du métal soit propre et qu'elle se trouve en large contact avec le liquide à activer.

Néanmoins, si l'on utilise les feuilles d'argent très minces, dites *papiers d'argent*, on constate que, même parfaitement nettoyées et dégraissées, ces feuilles sont incapables d'activer l'eau. Mais, si l'on attaque légèrement leur surface avec NO^3H, puis qu'on les lave, à grande eau, puis à l'ammoniaque, enfin à l'eau distillée, on constate que l'attaque superficielle a rendu au métal l'aptitude à se dissoudre dans les eaux et à les rendre actives.

7° Les fils d'argent, propres à activer de l'eau distillée, perdent cette propriété lorsqu'ils ont été sulfurés superficiellement.

8° Nous avions pensé que la dissolution de l'argent métallique dans l'eau distillée résultait peut-être de l'attaque du métal par l'eau qui, ainsi que nous l'avons démontré M. Lassieur et moi, possède un pH de 5,8 [1] et non celui de 7 qui impliquerait la neutralité de l'eau. Mais le fait que l'activation de l'eau, par l'argent, se réalise indifféremment avec des eaux dont le pH varie entre 5,8 et 8, contredit cette hypothèse.

9° L'eau distillée, activée par l'argent métallique, dans laquelle du métal se trouve dissous à une concentration de l'ordre 1×10^{-5}, se comporte, au point de vue bactéricide, de la même façon que l'eau distillée dans laquelle on a introduit du nitrate de Ag à cette même teneur de 1×10^{-5}.

Ainsi qu'on le voit, l'explication de l'action bactéricide de l'argent métallique découle de la constatation d'une faible solubilité du métal dans l'eau, solubilité qui permet à l'argent, contenu dans les solutions aqueuses ainsi obtenues, de manifester ses propriétés antiseptiques très accusées.

La séance est levée à $16^h 10^m$.

A. Lx.

---

(1) *Ann. de Chim.*, 10e série, 15, 1931, p. 201.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 AVRIL 1932.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Démetrie Pompeiu**, professeur à l'Université de Bucarest, qui assiste à la séance.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la teneur inégale en manganèse des feuilles vertes et des feuilles étiolées.* Note de M. **Gabriel Bertrand** et Mme **M. Rosenblatt.**

Nous avons déjà fait connaître diverses particularités relatives à la teneur en manganèse des organes foliaires, notamment, les variations de cette teneur en fonction de l'âge et, ce qui revient à peu près au même, de la position sur la tige ou sur le rameau ([1]). Nous avons observé depuis qu'il y avait aussi une corrélation entre la teneur en métal et l'intensité de la coloration verte des mêmes organes.

Nous avons examiné successivement :

A. Des feuilles prises sur des individus différents d'une même espèce (ou variété) cultivés les uns en pleine lumière et les autres à l'abri plus ou moins complet de cet agent physique;

([1]) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 333, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 29, 1921, p. 910; *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 1138, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 31, 1922, p. 125; *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 491, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 31, 1922, p. 345.

B. Des feuilles prélevées sur un même individu, mais en des endroits distincts au point de vue de la coloration;

C. Des parties diversement colorées de feuilles d'une même espèce atteinte de panachure.

Les feuilles ont toujours été récoltées avec soin et nettoyées minutieusement, de manière à éviter leur souillure par des parcelles terreuses; les dosages de matières sèches, de cendres et de manganèse ont été effectuées comme dans nos recherches antérieures.

Le groupe A réunit trois lots de pissenlit (*Taraxacum off.* L.). Le premier, venu spontanément dans le jardin de l'Institut Pasteur, était d'une coloration vert foncé, les deux autres provenaient de cultures maraîchères réalisées avec ou sans le concours de la lumière naturelle. Les individus du lot éclairé étaient d'un assez beau vert, ceux du lot étiolé étaient jaunes, à peine teintés de vert par endroits.

Le groupe B comprend plusieurs espèces et variétés de plantes cultivées comme salades (chicorée frisée, scarolle, laitue pommée, romaine, etc.) ou comme légumes (chou, céleri). Dans la plupart des cas nous avons comparé les feuilles extérieures de la production maraîchère, de coloration plus ou moins verte, à celle du centre, en général d'un jaune pâle.

Dans le cas du chou, dont nous avons examiné deux échantillons, nous avons une fois traité à part les feuilles extérieures vertes, celles sous-jacentes à peu près jaunes et celles du centre presque blanches. Enfin, de l'endive et de la barbe de capucin, nous avons seulement analysé l'ensemble des feuilles, celles-ci étant produites par la culture à l'état complètement étiolé.

Le groupe C est représenté par une variété d'*Aucuba japonica* à feuillage panaché. Nous avons choisi sur plusieurs pieds de cet arbrisseau des feuilles présentant d'assez larges macules jaunes que nous avons isolées au scapel; en même temps nous avons séparé, des mêmes feuilles ou de feuilles du même âge, des surfaces vertes aussi semblables que possible aux précédentes quant aux dimensions et aux positions de part et d'autre de la nervure principale.

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus :

Nom de la plante examinée.	Manganèse pour 100 de matière fraîche.	matière sèche.	cendres.
A. *Pissenlit :*			
Spontané (feuilles vert foncé)	0,40	2,97	24,09
Cultivé, à la lumière (feuilles vertes)	0,18	1,92	11,46
Cultivé, étiolé (feuilles presque jaunes)	0,06	1,05	9,83
B. *Chicorée :*			
Frisée (feuilles extérieures vertes)	0,48	6,76	31,44
Frisée (feuilles intérieures étiolées)	0,12	1,65	13,64
Scarolle (feuilles extérieures vertes)	0,08	1,62	7,48
Scarolle (feuilles intérieures étiolées)	0,06	0,94	6,20
Endives (étiolées) échantillon nº 1	0,08	1,87	10,96
Endives (étiolées) échantillon nº 2	0,10	1,76	19,23
Barbe de capucin (étiolée)	0,22	3,76	31,42
Laitue :			
Pommée (feuilles extérieures vertes)	0,080	2,00	9,30
Pommée (feuilles intérieures étiolées)	0,044	1,07	8,97
Romaine (feuilles extérieures vertes)	0,040	0,98	8,33
Romaine (feuilles intérieures étiolées)	0,043	0,84	7,54
Chou :			
Pommé, nº 1 (feuilles extérieures vertes)	0,22	2,55	12,90
Pommé, nº 1 (feuilles moyennes vert clair)	0,05	0,75	11,90
Pommé, nº 1 (feuilles centrales étiolées)	0,04	0,47	4,60
Pommé, nº 2 (feuilles extérieures vertes)	0,27	2,31	27,35
Pommé, nº 2 (feuilles intérieures étiolées)	0,15	2,08	20,83
Céleri :			
Feuilles extérieures vertes	0,112	1,03	6,54
Feuilles intérieures étiolées	0,080	0,82	5,92
C. *Aucuba japonica :*			
Feuillage panaché (partie verte)	0,29	1,15	18,12
Feuillage panaché (partie étiolée)	0,27	1,08	15,97

Il ressort nettement de ces résultats que, pour une espèce ou une variété végétale donnée, les feuilles s'enrichissent à la fois en chlorophylle et en manganèse, de sorte que les feuilles vertes sont toujours plus riches en métal que les feuilles étiolées. C'est une relation tout à fait semblable à

celle qui a déjà été découverte par l'un de nous avec B. Benzon au sujet du zinc ([1]), avec Mme Voronca-Spirt au sujet du titane ([2]) et, plus récemment, avee Mme G. Lévy au sujet de l'aluminium ([3]). Cette relation est à retenir au double point de vue de la physiologie végétale et de l'alimentation rationnelle.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Un nouveau principe des végétaux : l'acide urique*. Note de MM. **R. Fosse, P. De Graeve** et **P.-E. Thomas.**

1. L'existence, si souvent cherchée et discutée du formol dans les plantes, fondement de la célèbre hypothèse de Baeyer sur l'assimilation chlorophyllienne du carbone, semblait être enfin démontrée. Des extraits alcooliques de feuilles vertes, préparés avec le concours de la chaleur, produisent en effet la réaction colorée de Schryver ([4]).

Mais cette réaction, prétendue spécifique de l'aldéhyde formique, appartient aussi à l'acide glyoxylique ([5]).

Les sucs de certaines feuilles vertes peuvent la produire avec intensité s'ils ont subi l'action de la chaleur, mais, préparés à froid et récemment, leur réaction reste très faible ou négative.

En outre l'urée apparaît par chauffage des sucs en même temps que la substance chromogène. Les deux corps formés simultanément doivent donc dériver de l'hydrolyse d'un uréide instable, dont ils révèlent la présence dans les feuilles.

Quel est cet uréide?

L'acide allantoïque, isolé et identifié par l'analyse élémentaire, successivement sous la forme de son dérivé dixanthylé, mercurique et argentique ([6]).

([1]) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 1098, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 45, 1929, p. 168.

([2]) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1199, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 45, 1929, p. 1044.

([3]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 525, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 49, 1931, p. 1417.

([4]) Schryver, *Proc. Roy. Soc. London*, série B, 82, 1910, p. 226; *Chem. Centralblatt*, 1, 1910, p. 1366; Gab. Bertrand et P. Thomas, *Manipulations de Chimie biologique*, Paris, 2e édition, 1913, p. 441.

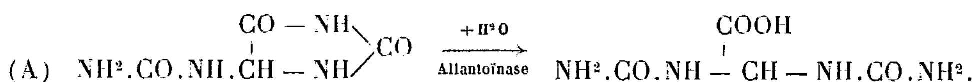
([5]) R. Fosse et A. Hieulle, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 637; 183, 1926, p. 1114.

([6]) R. Fosse, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 175 et 869; 183, 1926, p. 1114; R. Fosse et A. Hieulle, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1596; R. Fosse et Mlle V. Bossuyt, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 308.

2. *D'où provient l'acide allantoïque?* De l'hydratation fermentaire de l'allantoïne.

C'est en effet ce que démontrent :

a. *L'allantoïnase* (¹), ferment végétal extrêmement répandu, qui lui donne naissance *in vitro* par fixation d'une molécule d'eau sur l'allantoïne



b. La présence simultanée d'allantoïne, d'acide allantoïque et d'allantoïnase dans la même plante (²).

c. La transformation en acide allantoïque qu'éprouve l'allantoïne contenue dans le suc de plusieurs plantes, centrifugé, chloroformé et placé à 40°.

3. *Qu'elle est la substance génératrice de l'allantoïne? L'acide urique*, encore inconnu chez les végétaux.

Depuis sa découverte chez l'homme par Scheele, en 1776, cet uréide a été trouvé dans la plupart des animaux vertébrés ou invertébrés. Signalé dans les spores d'une moisissure, *l'Aspergillus orizæ*, par Midzuho Sumi (³), il n'a pu encore être isolé ou même simplement caractérisé dans les plantes supérieures. Kzapek constate ce fait négatif à deux reprises : « Harnsäure im Pflanzenreiche noch nicht nachgewiesen, ... » ; « Die Harnsäure, die man bisher aus dem Pflanzenreiche nicht kennt, ... ».

L'acide urique joue, cependant, chez les végétaux un rôle physiologique indéniable :

1° Marin Molliard (⁴) démontre que l'urate de sodium accélère le développement des radis cultivés aseptiquement. En comparant les résultats de trois cultures, contenant 1/1000ᵉ d'azote sous forme de nitrate de sodium, d'urée ou d'urate de sodium, c'est avec ce dernier sel que la récolte est maximum.

(¹) R. Fosse et A. Brunel, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 426 et 1067; R. Fosse, A. Brunel et De Graeve, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1418 et 1632; 189, 1929, p. 716; A. Brunel, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 442.

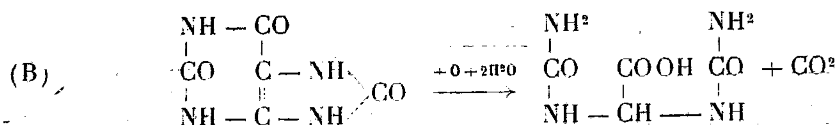
(²) R. Fosse, A. Brunel et P. De Graeve, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 716; R. Fosse, A. Brunel, P. De Graeve, P. E. Thomas et J. Sarazin, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1153.

(³) Midzuho Sumi, *Biochemische Zeitschrift*, 195, 1928, p. 161; *Chem. Centralblatt*, 1, 1929, p. 2545.

(⁴) M. Molliard, *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 958.

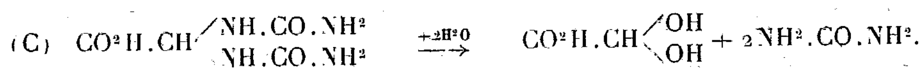
2° D'après Antonin Némec ([1]), la graine de soja détruit l'acide urique avec production d'ammoniac, grâce à la participation de plusieurs ferments.

3° Les graines de *Soja hispida* et d'autres légumineuses, très nombreuses, transforment l'acide urique en acide allantoïque ([2]).



Dans les expériences de Némec l'édifice urique se brise en fragments très petits : ammoniac, acide carbonique, acide glyoxylique ou oxalique. Dans les nôtres, dont les conditions sont d'ailleurs différentes, l'action fermentaire se borne à ouvrir les deux chaînes fermées pour ne donner naissance qu'à deux molécules nouvelles : l'une de gaz carbonique, l'autre d'acide allantoïque renfermant à l'état uréique tout l'azote primitivement purique.

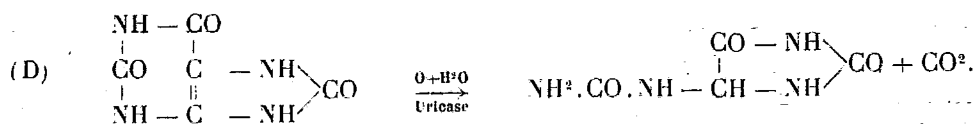
Cet uréide, stable en milieu alcalin, reste inaltéré dans les limites de nos expériences. En milieu acide, au contraire, il se scinde en acide glyoxylique et urée, avec la plus grande facilité, ainsi que l'avait déjà constaté L. J. Simon ([3]).



La formation d'urée, quantitative dans des conditions déterminées, permet de doser sous cette forme l'acide allantoïque et l'allantoïne ([4]).

4. La curieuse transformation de l'acide urique en acide allantoïque résulte de deux fermentations :

Dans la première, l'uricase végétale oxyde et hydrate l'acide urique pour former l'allantoïne, comme l'uricase animale de Wiechowski :



([1]) A. Némec, *Biochemische Zeitschrift*, 112, 1921, p. 286.

([2]) R. Fosse, A. Brunel et P. De Graeve, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 189; 190, 1930, p. 79.

([3]) L. J. Simon, *Comptes rendus*, 138, 1904, p. 426.

([4]) R. Fosse et Mlle V. Bossuyt, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 106.

Dans la deuxième, l'allantoïnase engendre l'acide allantoïque en ouvrant le noyau de l'allantoïne par fixation d'une molécule d'eau, d'après le schéma (A).

Par suite de la présence simultanée de l'uricase et de l'allantoïnase dans le soja et de l'impossibilité de détruire ou d'inhiber l'allantoïnase, seule, sans faire subir le même sort à l'uricase, la première fermentation est jusqu'ici, expérimentalement, inséparable de la seconde. Le résultat inverse, consistant à inhiber l'uricase en conservant l'activité de l'allantoïnase, facile à réaliser ([1]), nous a permis de doser spectrophotométriquement, même en présence d'acide urique, de très petites quantités d'allantoïne, à de très grandes dilutions. Application en a été faite aux cas les plus intéressants : urine humaine, sang des mammifères, graines de nombreux végétaux ([2]).

5. *Caractérisation de l'acide urique dans les graines.* — Une méthode de microdosage spectrophotométrique analogue révèle que *l'acide urique existe ou se forme dans de nombreuses graines : blé, ortie, navet, cresson, fève, mélilot officinal, mélilot de Sibérie, coronille, lupin blanc, gesse, concombre,* etc.

La graine de mélilot, officinal ou de Sibérie, particulièrement remarquable par sa teneur en acide urique, a été choisie pour l'isolement de cet uréide. Notre méthode de microdosage nous a permis de contrôler la série des diverses opérations et, par conséquent, d'en fixer la technique.

6. *Isolement de l'acide urique cristallisé.* — Ce résultat a pu être atteint en mettant successivement en œuvre une précipitation argentico-magnésienne et deux précipitations mercuriques. Indiquons les détails des expériences :

Préparation et défécation de la macération de Melilotus officinalis. — Dans trois flacons de deux litres, à bouchons de verre, contenant chacun 1500^{cm^3} d'acide chlorhydrique N/100 et $1^{cm^3},5$ de chloroforme, introduire 150^g de mélilot officinal, très finement broyé à la meule et passé au tamis de soie n° 40 ; boucher, agiter et abandonner au repos 48 heures à la température ordinaire ; décanter avec précaution en évitant d'entraîner la matière non dissoute ; au liquide centrifugé obtenu (2^l à $2^l,200$), épais et de couleur

---

([1]) R. Fosse, A. Brunel, P. De Graeve, P.-E. Thomas et J. Sarazin, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1025.

([2]) R. Fosse, A. Brunel et P. E. Thomas, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1615; 193, 1931, p. 7.

jaune faible, ajouter 1/20e de son volume, d'abord, de tungstate de sodium à 1/10e puis, après mélange, d'acide sulfurique 2/3 N.

Précipitation argentico-magnésienne. — Au liquide centrifugé et limpide, ajouter 1/20e de son volume de mixture magnésienne (liqueur B du procédé Salkowski-Ludwig) [1]; centrifuger après 2 heures à la température ordinaire; ajouter la même proportion de mixture argentique (liqueur A); abandonner au moins 15 heures à la glacière; centrifuger; délayer le dépôt dans 25^{cm^3} de mixture argentico-magnésienne (A + B) diluée à 1/5e; centrifuger; répéter ce traitement et laver une dernière fois à l'eau.

Première précipitation mercurique, — Triturer avec 10^{cm^3} d'acide sulfurique (à 10 pour 100 en volume) la combinaison argentico-magnésienne, contenue dans le tube à centrifuger Pyrex où elle a été recueillie; chauffer 5 minutes au bain-marie bouillant; centrifuger; épuiser le dépôt deux fois, dans les mêmes conditions, d'abord par 10^{cm^3} puis par 5^{cm^3} du même acide; aux liqueurs réunies, ajouter, sans refroidir, 15^{cm^3} de sulfate mercurique de Denigès [2], refroidir et maintenir 2 heures à la glacière.

Deuxième précipitation mercurique. — Centrifuger; laver le dépôt deux fois à l'alcool, par centrifugation; le chauffer au bain-marie bouillant avec 2^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré, pour le scinder en acide urique et bichlorure de mercure très soluble; refroidir 1 heure à la glacière; centrifuger; laver deux fois le dépôt à l'alcool; le dissoudre dans le moins possible d'eau bouillante; filtrer et ajouter au filtrat, sans refroidir, du sulfate mercurique Denigès, jusqu'à cessation de précipité; refroidir 2 heures à la glacière; centrifuger et laver deux fois à l'alcool.

Isolement de l'acide urique. — Chauffer au bain-marie bouillant, dans un tube à centrifuger Pyrex, le dépôt avec 1^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré; refroidir; placer une heure dans la glace; centrifuger; laver deux fois à l'alcool le précipité urique; le dissoudre dans le moins possible d'eau bouillante (40^{cm^3} environ) et filtrer dans un tube à centrifuger où l'acide urique cristallise; centrifuger; laver deux fois à l'alcool, une fois à l'éther et sécher à 100°.

7. *Identification par l'analyse élémentaire de l'acide urique retiré du mélilot officinal.* — Ce corps blanc, en cristaux microscopiques caractéristiques, possède toutes les réactions connues de l'acide urique.

---

(1) C. Neuberg, *Der Harn*, 1, 1911, p. 689.

(2) Denigès, Chelle et Labat, *Précis de Chimie analytique*, Paris, 1931, 6e édition, 1, p. 65 et 253.

L'analyse quantitative élémentaire l'identifie à cet uréide.

Analyse. — Matière, 4^{mg},898; eau, 1^{mg},085; CO^2, 6^{mg},431.

Trouvé : carbone pour 100, 35,81; hydrogène pour 100, 2,47.

Calculé pour $C^5H^4O^3N^4$: C pour 100, 35,70; H pour 100, 2,40.

8. Comme les expériences précédentes comportent un long contact de la plante avec l'eau acidulée, à la température ordinaire, on pourrait objecter que l'acide urique n'y préexiste pas, mais se forme au cours de la macération. Cette supposition n'est pas fondée. En effet, en réduisant à 1 heure la durée de macération et en opérant avec de l'eau pure, à basse température, on isole encore cet uréide.

Préparation de la macération. — Introduire dans des tubes métalliques à centrifuger refroidis, de l'eau glacée et 1/10e de farine de mélilot, mélanger, conserver 1 heure à la glacière, centrifuger, décanter et traiter immédiatement le liquide par la technique précédemment indiquée.

Conclusions. — 1. L'acide urique est un principe naturel des végétaux au même titre que l'allantoïne [1], l'acide allantoïque [2] et l'urée [3].

2. Ce produit physiologique des végétaux et des animaux peut donner naissance à une partie de l'urée formée par les plantes.

ÉLECTRICITÉ. — *Nouvelle représentation algébrique des courants alternatifs et de tous autres phénomènes oscillatoires.* Note [4] de M. **André Blondel.**

Désignons $\sqrt{-1}$ par j pour éviter toute confusion avec une intensité de courant. La nouvelle représentation qu'on va expliquer utilise la grandeur algébrique j^δ équivalente à $e^{j\delta}$ comme un opérateur vectoriel de longueur 1 tournant autour de l'origine d'un angle variable δ, mesuré en quadrants ou en fraction de quadrant [5]. Par exemple $j^{1/3}$ fait avec l'axe origine OX un angle de $q/3$ (q désignant l'angle de 1 quadrant). On applique cet opérateur tout comme $[\cos \pi/6 + j \sin \pi/6]$. Algébriquement il a la même valeur, mais $q/3$ est exprimé en quadrants et $\pi/6$ en radians. Or, justement les

---

(1) Schultze et Barbieri, *Berichte*, 14, 1881, p. 1602.

(2) *Loc. cit.*

(3) R. Fosse, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 263, 567, 1938; 158, 1914, p. 1374; R. Fosse, *L'Urée*, Paris. 1918, p. 51-64.

(4) Séance du 18 avril 1932.

(5) Cette représentation suit le même ordre d'idées pour la facilité de l'interprétation physique que la notation géométrique θ de Kennelly.

tables des fonctions circulaires en grades ou en quadrants (¹) sont plus maniables que celles rapportées aux degrés ou aux radians, dont la précision est exagérée pour les applications usuelles.

Si l'on considère un système de tension et courant caractérisé par le facteur de puissance $\cos\varphi$, à des valeurs du $\cos\varphi$:

$$\cos\varphi = 0,90 - 0,80 - 0,70 - 0,60 - 0,50, \quad \ldots$$

correspondent, en quadrants q,

$$\varphi = 0^q,287 - 0^q,4095 - 0^q,506 - 0^q,592 - \frac{2}{3}q, \quad \ldots$$

et l'on traduit ce décalage par un vecteur $j^{-\varphi}$, on a

$$j^{-\varphi} = \cos\varphi q - j\sin\varphi q$$

q signifiant 1 quadrant; si l'on passe aux radians, $q = \pi/2$ radians.

Si E_e et I_e sont les valeurs efficaces de la force électromotrice et du courant, β et γ leurs angles de phase par rapport à une origine commune, leurs expressions vectorielles sont $E_e j^\beta$ et $I_e j^\gamma$.

Les valeurs instantanées s'en déduisent en prenant les parties réelles des expressions

$$E_e\sqrt{2}j^\beta + j^{\frac{4t}{T}} = E_e\sqrt{2}j^{\frac{4t}{T}+\beta} \qquad \text{et} \qquad I = E_e\sqrt{2}j^{\frac{4t}{T}+\gamma},$$

T étant la période; $4t/T$ représente en fonction de quadrant par seconde ωt, avec $\omega = 2\pi/T$.

On peut écrire $4ft$, au lieu de $4t/T$, en désignant par f la fréquence. A la fréquence 50, on a $j\,200 + \gamma$.

En 1899, C. P. Steinmetz (²) a défini le vecteur de puissance complexe $P + Hj$, formée de la puissance réelle P et de la « puissance d'excitation » ou « hormanance » H.

Ce vecteur s'obtient en multipliant les variables complexes $\overline{E}$ et $\overline{I}$, après avoir changé de signe j dans la première ou dans la seconde, suivant qu'on compte positivement ou négativement l'hormanance correspondante au cas où $\overline{I}$ est en avance sur $\overline{E}$.

(¹) Voir par exemple la Table XIV des petites Tables numériques de Houël, très commode, ou les grandes Tables de Potin, toutes deux éditées par Gauthier-Villars.

(²) C. P. Steinmetz, *Trans. Am. Inst. E. Eng.*, 16, 1899, p. 189; Paul Janet, *Électrotechnique générale*, 1900, et C. F. Guilbert dans *Écl. Élect.*, 22, 1900, p. 361. Ces deux derniers auteurs ont recommandé le changement de signe de j dans $I' + j''I''$, que Steinmetz n'avait pas indiqué.

Pour faciliter cette multiplication, on a, aux États-Unis, créé pour les vecteurs conjugués, un symbole spécial $\acute{I}$ ou $\hat{E}$. Ici nous n'avons qu'à écrire :

$$P + jH = j^{\beta} E_e \times j^{\gamma} I_e = j^{\beta-\gamma} E_e I_e.$$

Pour avoir e et i (valeurs instantanées) réelles, il suffit de remarquer que $j^{\delta} = e^{j\delta}$, et d'écrire les expressions binaires

$$e = \frac{F_e\sqrt{2}}{2}\left[j^{\frac{4t}{T}+\beta} + j^{-\left(\frac{4t}{T}+\beta\right)}\right],$$

$$i = \frac{I_e\sqrt{2}}{2}\left[j^{\frac{4t}{T}+\gamma} + j^{-\left(\frac{4t}{T}+\gamma\right)}\right],$$

dans lesquelles les parenthèses représentent cos $4t/T$ et sin $4t/T$ respectivement.

On en déduit la puissance *instantanée* par simple multiplication

$$ei = j^{\beta-\gamma} E_e I_e + E_e I_e\left[j^{\frac{8t}{T}+\beta+\gamma} + j^{\left(\frac{8t}{T}+\beta+\gamma\right)}\right] = j^{\beta-\gamma} E_e I_e + E_e I_e \cos\left(\frac{8t}{T} + \beta + \gamma\right).$$

Le premier terme du second membre, qui correspond à la puissance *moyenne* (puisqu'il est indépendant de t), est le vecteur de la puissance complexe de Steinmetz; car en le développant, on a

$$P + jH = E_e I_e[\cos(\beta - \gamma) + j\sin(\beta - \gamma)].$$

Le second terme représente la partie *réelle* du développement du produit plus simple

$$E_e j^{\frac{4t}{T}+\beta} \times I_e j^{\frac{4t}{T}+\gamma} = E_e I_e j^{\frac{8t}{T}+\gamma+\varphi}.$$

Tous les angles entre parenthèses étant exprimés en quadrant, cette puissance peut s'écrire

$$E_e I_e \cos\left(\frac{8t}{T} + \gamma + \varphi'\right).$$

En définitive, on obtient la somme des puissances moyenne et oscillante en appliquant la formule simple

$$P_{\text{instantané}} = j^{\beta} E_e j^{-\gamma} I_e + \text{partie réelle de } E_e I_e j^{\frac{8\pi}{T}+\beta+\gamma}.$$

Le second terme est la projection d'un vecteur tournant de longueur $[E_e I_e]$, de fréquence double, et de décalage initial *angulaire* $\beta + \gamma$.

Quand on donne u et i développés en séries de Fourier

$$u = \sum_{n=1}^{n=\infty} U_n \sqrt{2}\, j^{\frac{n4t}{T} + \beta_n},$$

$$i = \sum_{n=1}^{n=\infty} I_n \sqrt{2}\, j^{\frac{n4t}{T} + \gamma_n},$$

les puissances produites par u agissant sur i sont :

$$P + jH = \Sigma(U_n I_n j^{\beta_n - \gamma_n}),$$

$$P_{osc.} = \text{partie réelle de } \Sigma\left(U_n I_n j^{\frac{8nt}{T} + \beta_n + \gamma_n}\right).$$

Dans un système triphasé déséquilibré, nous aurons pour *amplitudes* des E et des I des trois phases a, b, c, dont les valeurs efficaces sont E_a, E_b, E_c et I_a, I_b, I_c :

$$U_a\sqrt{2}\, j^{\frac{4t}{T} + \beta_a}, \qquad U_b\sqrt{2}\, j^{\frac{4t}{T} + \frac{1}{3} + \beta_b}, \qquad U_c\sqrt{2}\, j^{\frac{4t}{T} + \frac{2}{3} + \beta_c},$$

$$I_a\sqrt{2}\, j^{\frac{4t}{T} + \gamma_a}, \qquad I_b\sqrt{2}\, j^{\frac{4t}{T} + \frac{1}{3} + \gamma_b}, \qquad I_c\sqrt{2}\, j^{\frac{4t}{T} + \frac{2}{3} + \gamma_c},$$

on en tire encore pour la puissance moyenne complexe et pour la puissance oscillante

$$P + j = U_a I_a j^{\beta_a - \gamma_a} + U_b I_b j^{\beta_b - \gamma_b} + U_c I_c j^{\beta_c - \gamma_c},$$

$$P_{osc.} = \text{partie réelle de } \left[U_a I_a j^{\frac{\gamma t}{T} + \beta_a + \gamma_a} + U_b I_b j^{\frac{\gamma t}{T} + \frac{2}{3} + \beta_b + \gamma_b} + U_c I_c j^{\frac{\gamma t}{T} + \frac{4}{3} + \beta_c + \gamma_c} \right].$$

On remarquera que le facteur de rotation triphasé de Steinmetz

$$\alpha = \left[\cos\frac{2\pi}{3} + j\,\frac{2\pi}{3}\right]$$

se traduit simplement par $j^{1/3}$ et $\alpha^2 = -\alpha$ par $j^{2/3} = j^{-1/3}$. Ces expressions portent en elles-mêmes leur explication.

La règle de multiplication ordinaire des vecteurs reste applicable; par exemple, si l'on pose $j^{\zeta} Z$ pour l'impédance traversée par le courant $j^{\gamma} I$, la loi d'Ohm-Joubert s'exprime par l'équation

$$j^{\beta} U_e = j^{\zeta} Z . j^{\gamma} I_e = j^{\gamma + \zeta} Z I_e ;$$

de même le courant produit dans une admittance $j^{\eta} Y$ par une tension $j^{\beta} U_e$ est donnée par la relation

$$j^{\gamma} I_e = j^{\beta} U_e . j^{\eta} Y = j^{\beta + \eta} U_e Y.$$

On peut ainsi très facilement démontrer la conservation (1) dans un réseau de la puissance complexe $P+jH$ [en appelant P la puissance et H l'hormance (1), ou puissance réactive, définie en valeur réelle par le produit $UI\sin(\beta-\gamma)$ (2)].

En tout nœud 1 du réseau, le courant qui en sort dirigé vers une des branches, s'exprime en fonction des courants composants, provenant des autres branches, par la première loi de Kirchhoff,

$$j^{\gamma_1} I_1 = \Sigma(j^{\gamma} I).$$

Si l'on multiplie les vecteurs conjugués par la tension au nœud $j^{\beta} U_q$, on a l'égalité

$$j^{\beta-\gamma_1} U_q I_1 = \Sigma(j^{\beta-\gamma} U I).$$

De même, si l'on considère la chute de tension produite par le courant $j^{\gamma_1} I_1$ dans la branche considérée par les impédances mises en série dans cette branche $\Sigma j^{\zeta} Z$, la puissance complexe à l'entrée sera

$$j^{-\gamma_1} I_1 \Sigma(j^{\zeta} Z j^{\gamma_1} I_1) = \Sigma(j^{\zeta} Z) I_1^2 = \Sigma R I_1^2 + j\omega L I_1^2.$$

Les deux composantes de cette puissance sont évidemment les sommes des composantes des puissances élémentaires perdues dans chaque impédance.

Le mode de représentation proposé ici permet aussi facilement de tenir compte de l'hystérésis dans le fer, en représentant la perméabilité μ par le vecteur $j^{-\alpha}\mu$, en appelant α l'angle de retard hystérétique; le vecteur ainsi défini se prête à la multiplication tout comme le vecteur d'admittance $j^{\gamma} I$.

En résumé, il semble bien que le nouveau mode de représentation facilite la rapidité des calculs et leur interprétation physique dans les applications de l'électricité et plus généralement dans l'étude de tous les phénomènes oscillatoires, physiques ou mécaniques.

Enfin, comme le vecteur j intervient déjà dans les équations générales de propagation par des constantes de propagation de la forme $j^{\nu} N$, il est utile de remarquer que la forme $Ae^{j^{\nu} N x}$ équivaut dans la nouvelle notation à la forme développée $j^{N \sin\nu\, x} A e^{(N \cos\nu) x}$.

---

(1) La conservation de la puissance réactive a été démontrée en 1900 par M. P. Boucherot au Congrès International des Électriciens, à Paris.

(2) Nous préconisons le vocable *hormanance* (du grec ὁρμαίνω) parce que la puissance réactive n'est pas une puissance; et ce terme de puissance réactive fait qu'on donne le nom d'*énergie réactive* à une grandeur caractérisée par l'absence d'énergie.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *De la ligne élastique aux équations fondamentales de la Résistance des matériaux*. Note[1] de M. **Louis Roy**.

Les équations fondamentales de la Résistance des matériaux se déduisent aisément de l'expression du potentiel thermodynamique interne donnée en notre précédente Note [2]. Il résulte tout d'abord des équations générales du mouvement et de l'équilibre des lignes élastiques et du choix que nous avons fait du trièdre mobile $Muvw$ que les quantités

$$(1)\qquad \left\{\begin{array}{lll} \mathcal{R}_u = -f'_\partial, & \mathcal{R}_v = -f'_\eta, & \mathcal{R}_w = -f'_\zeta; \\ \mathcal{C}_u = -f'_p, & \mathcal{C}_v = -f'_q, & \mathcal{C}_w = -f'_r \end{array}\right.$$

représentent respectivement l'effort longitudinal d'extension ou de compression, les deux composantes de l'effort tranchant, le moment de torsion et les deux composantes du moment fléchissant au point M. Dans le cas, bien suffisant en Résistance des matériaux, où chaque profil est un plan d'isotropie, les égalités (1) s'écrivent donc

$$(2)\qquad \left\{\begin{array}{c} \mathcal{R}_u + E'\mathcal{S}(\partial - D\theta) = 0, \\ \mathcal{R}_v + S[\mathcal{A}\eta + \mathcal{F}\zeta + \mathcal{E}(p - p_0)] = 0, \\ \mathcal{R}_w + S[\mathcal{F}\eta + \mathcal{B}\zeta + \mathcal{D}(p - p_0)] = 0, \\ \mathcal{C}_u + S[\mathcal{E}\eta + \mathcal{D}\zeta + \mathcal{C}(p - p_0)] = 0, \\ \mathcal{C}_v + E'SB^2(q - q_0 - b\theta) = 0, \qquad \mathcal{C}_w + E'SC^2(r - r_0 + a\theta) = 0, \end{array}\right.$$

et correspondent aux six équations fondamentales de la Résistance des matériaux, exprimant que les forces extérieures appliquées à la portion M_1M de la ligne font équilibre aux forces élastiques que l'autre portion MM_2 exerce sur la première à travers le profil au point M.

Inversement, les égalités (2) permettent d'exprimer les six déformations $\partial, \eta, \ldots, r - r_0$ de la ligne en fonction des six éléments $\mathcal{R}_u, \mathcal{R}_v, \ldots, \mathcal{C}_w$ de la réduction des forces extérieures et de la température θ; de sorte qu'au terme près ne dépendant que de θ, le potentiel thermodynamique interne linéaire f prend la forme

$$2fS = \frac{1}{E'}\left[\mathcal{R}_u^2 + \left(\frac{\mathcal{C}_v}{B}\right)^2 + \left(\frac{\mathcal{C}_w}{C}\right)^2\right] + \mathcal{A}'\mathcal{R}_v^2 + \mathcal{B}'\mathcal{R}_w^2 + \mathcal{C}'\mathcal{C}_u^2 + 2\mathcal{D}'\mathcal{R}_w\mathcal{C}_u + 2\mathcal{E}'\mathcal{C}_u\mathcal{R}_v + 2\mathcal{F}'\mathcal{R}_v\mathcal{R}_w,$$

---

[1] Séance du 11 avril 1932.

[2] L. Roy, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1295.

les nouveaux coefficients $\mathcal{A}'$, $\mathcal{B}'$, ..., $\mathcal{F}'$ étant aisément calculables en fonction des anciens $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, ..., $\mathcal{F}$.

On peut également exprimer, en fonction des mêmes éléments, les dilatations et glissements (∂_i, g_i) en un point quelconque (v, w) du profil, en effectuant la substitution (2) dans les expressions

$$\partial_1 = \partial + (q - q_0)w - (r - r_0)v,$$
$$\partial_2 = \partial_3 = -\sigma[\partial + (q - q_0)w - (r - r_0)v] + (\sigma D_1 + D_2)\theta,$$
$$g_1 = 0, \qquad g_2 = \eta\frac{\partial \mathcal{N}}{\partial w} + \zeta\left(1 + \frac{\partial \mathcal{Z}}{\partial w}\right) + (p - p_0)\left(v + \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial w}\right),$$
$$g_3 = \eta\left(1 + \frac{\partial \mathcal{N}}{\partial v}\right) + \zeta\frac{\partial \mathcal{Z}}{\partial v} + (p - p_0)\left(-w + \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial v}\right)$$

de ces (∂_i, g_i) en fonction de $\partial, \eta, \ldots, r - r_0, \theta$, obtenues lors de la recherche du potentiel f, σ désignant le coefficient de Poisson et D_2 le coefficient de dilatation thermique transversale. On obtient ainsi

$$(3)\quad \begin{cases} \partial_1 = \dfrac{1}{E'S}\left(-\mathcal{R}_u - \dfrac{\mathcal{C}_v}{B^2}w + \dfrac{\mathcal{C}_w}{C^2}v\right) + D_1\theta, \\ \partial_2 = \partial_3 = -\dfrac{\sigma}{E'S}\left(-\mathcal{R}_u - \dfrac{\mathcal{C}_v}{B^2}w + \dfrac{\mathcal{C}_w}{C^2}v\right) + D_2\theta, \\ g_2^2 + g_3^2 = \mathcal{A}''\mathcal{R}_v^2 + \mathcal{B}''\mathcal{R}_w^2 + \mathcal{C}''\mathcal{C}_u^2 + 2\mathcal{D}''\mathcal{R}_w\mathcal{C}_u + 2\mathcal{E}''\mathcal{C}_u\mathcal{R}_v + 2\mathcal{F}''\mathcal{R}_v\mathcal{R}_w, \end{cases}$$

les coefficients $\mathcal{A}''$, $\mathcal{B}''$, ... dépendant non seulement des anciens $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, ..., mais de v, w et des dérivées $\partial(\mathcal{N}, \mathcal{Z}, \mathcal{L})/\partial(v, w)$.

On peut ensuite calculer, en un point (v, w) du profil S, la dilatation

$$\Delta = \partial_1\alpha^2 + \partial_2\beta^2 + \partial_3\gamma^2 + g_1\beta\gamma + g_2\gamma\alpha + g_3\alpha\beta$$

suivant une direction quelconque (α, β, γ) et si l'on admet, avec Saint-Venant [1], que la plus forte dilatation permise dans cette direction est, du fait de l'isotropie transversale, de la forme

$$\delta = \delta_1\alpha^2 + \delta_2(\beta^2 + \gamma^2),$$

on est ramené à chercher le maximum du rapport Δ/δ quand α, β, γ varient et à lui imposer l'unité comme limite supérieure. On sait que ce calcul a été fait par Saint-Venant, qui a trouvé que ce maximum est la plus grande

(1) BARRÉ DE SAINT-VENANT et FLAMANT, *Théorie de l'élasticité des corps solides de Clebsch*, 1883, p. 257.

des trois expressions

$$(4)\qquad \frac{\partial_2}{\delta_2},\quad \frac{1}{2}\left(\frac{\partial_1}{\delta_1}+\frac{\partial_2}{\delta_2}\right)\pm\frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{\partial_1}{\delta_1}-\frac{\partial_2}{\delta_2}\right)^2+\frac{g_2^2+g_3^2}{\delta_1\delta_2}}.$$

Dès lors, la substitution de (3) dans (4) permet d'écrire aisément la condition générale de résistance ou d'équarrissage de la pièce, supposée prismatique au sens le plus large de ce mot.

Mais la complication de la dernière expression (3), dont le calcul des coefficients est extrêmement laborieux, conduit dans la pratique, à négliger le gauchissement des profils (hypothèse de Bernoulli) et à supposer l'homogénéité transversale. On retrouve ainsi, dans le cas de l'isotropie complète, pour $\theta = 0$ et en prenant $\sigma = 1/4$, la condition d'équarrissage couramment usitée par les praticiens.

La considération de la ligne élastique à quatre paramètres, conduirait à des résultats analogues, mais où seraient effacés les termes relatifs à l'effort tranchant. Cela tient à ce que, dans le cas d'une telle ligne, les deuxième et troisième égalités (1) n'existent plus, du fait que η et ζ sont alors constamment nuls.

M. **F. Mesnil** fait hommage à l'Académie d'un exemplaire du petit livre que le Dr **Edmond Sergent**, Correspondant de l'Académie, et le Dr **Étienne Sergent** viennent de publier à la librairie Masson sous le titre *L'Armée d'Orient délivrée du Paludisme*. Bien que présentés sous une forme anecdotique, les faits consignés dans cette plaquette n'en comportent pas moins un haut enseignement scientifique et pratique, que le Dr **Roux** fait ressortir dans sa *Préface :* « Avant toute entreprise mettant en jeu des existences humaines, il faut prendre l'avis des hommes qui savent comment on peut atteindre le but proposé avec le moins de sacrifices ».

NOMINATIONS.

M. **A. Bigot** est adjoint à M. **R. Bourgeois**, précédemment désigné, pour représenter l'Académie à la célébration du *Troisième centenaire de l'Université d'Amsterdam*.

M. **A. Lacroix** et M. **R. Bourgeois** sont désignés pour représenter l'Académie à la célébration du *Centenaire de la mort de Cuvier*, à Montbéliard, le 11 juillet 1932.

M. **G. Perrier** est désigné pour faire une lecture au nom de l'Académie à la prochaine séance publique solennelle des cinq Académies, le 25 octobre prochain.

M. **L. Mangin** est désigné pour représenter l'Académie au 10e *Congrès international d'Horticulture*, du 30 mai au 4 juin 1932.

CORRESPONDANCE.

L'Institut des Recherches Scientifiques de l'U. R. S. S. pour la Métrologie et la Standardisation, à Leningrad, adresse à l'Académie l'expression de ses sentiments de condoléance à l'occasion du décès de M. *G. Bigourdan*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Volume jubilaire en l'honneur du professeur* Charles Porcher *pour son soixantième anniversaire*. (Présenté par M. E. Leclainche.)

2° Jac. Berzelius. *Lettres publiées au nom de l'Académie royale des sciences de Suède*, par H. G. Söderbaum. XIII. *Correspondance entre Berzelius et Eilhard Mitscherlich* (1819-1847).

3° *Encyclopédie entomologique*. XIII. *Histoire naturelle des Coléoptères de France*, par G. Portevin. Tome II. Polyphaga : *Lamellicornia*, *Palpicornia*, *Diversicornia*. (Présentée par M. E.-L. Bouvier.)

4° Cyrus Hall Mac Cornick, *Seed time*, 1809-1856, par William T. Hutchinson, avec une introduction de William E. Dodd.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les développements de Laguerre.* Note (¹) de M. E. Kogbetliantz, présentée par M. Hadamard.

1. La série de Laguerre de $f(x)$

$$f(x) \sim \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\Gamma(n+1)}{\Gamma(n+\alpha+1)} L_n^{(\alpha)}(x) \int_0^{\infty} e^{-u} u^{\alpha} L_n^{(\alpha)}(u) f(u)\, du, \tag{L}$$

admet la fonction classique de Bessel comme fonction génératrice de sa série-noyau :

$$\Phi(x, y, z) \equiv \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\Gamma(n+1)}{\Gamma(n+\alpha+1)} L_n^{(\alpha)}(x) L_n^{(\alpha)}(y) z^n \equiv \frac{e^{-\frac{(x+y)z}{1-z}}}{[i\sqrt{xyz}]^{\alpha}(1-z)} \tau_{\alpha}\left(\frac{2i\sqrt{xyz}}{1-z}\right). \tag{1}$$

L'ayant établi, nous avons pu étudier les conditions suffisantes de sommabilité (C, δ) et de convergence de la série (L). *La série-noyau*, c'est-à-dire la série (1) avec $z=1$, diverge, mais *représente zéro* pour $x \neq y$, étant sommable (C, δ) pour $\delta > 0$ tant que $xy > 0$ et sommable (C, δ) pour $\delta > \alpha + 1/2$ si l'on a $x=0, y>0$. Sa moyenne arithmétique d'ordre δ

$$S_n^{(\delta)}(x, y) = \frac{\Gamma(\delta+1)\Gamma(n+1)}{\Gamma(n+\delta+1)} \sum_{m=0}^{n} \frac{(xy)^m L_{n-m}^{(2m+\delta+\alpha+1)}(x+y)}{m!\,\Gamma(m+\alpha+1)},$$

vérifie pour $x = x_0$ ($x_0 \neq 0$) et $0 \leqq y \leqq \infty$ l'inégalité

$$S_n^{(\delta)}(x, y) = O\left(n^{\frac{\alpha}{2}+\frac{1}{4}-\frac{\delta}{2}}\right),$$

qui permet d'étudier la contribution de l'intervalle $(0, 1/xn)$ dans l'intégrale

$$f_n^{(\delta)}(x_0) = \int_0^{\infty} e^{-u} u^{\alpha} S_n^{(\delta)}(x_0, u) f(u)\, du,$$

exprimant la moyenne d'ordre δ des sommes partielles du dévelop-

---

(¹) Séance du 18 avril 1932.

pement (L). On tire de (1) la formule approchée

$$2\sqrt{\pi}\,S_n^{(\delta)}(x, y)(xy)^{\frac{\alpha}{2}+\frac{1}{4}}\Gamma(n+\delta+1)$$
$$\equiv \Gamma(n+1)\Gamma(\delta+1)e^{\sqrt{xy}}L_n^{\left(\delta+\frac{1}{2}\right)}[(\sqrt{x}-\sqrt{y})^2]\left\{1+O\left(\frac{|\sqrt{x}-\sqrt{y}|}{\sqrt{xyn}}\right)\right\},$$

valable pour $y \leqq O(n)$ et $ny \geqq O(1)$. On en déduit l'inégalité

$$S_n^{\delta}(x, y) = O\left[n^{-\frac{\delta}{2}}e^{\frac{y}{2}}y^{-\left(\frac{\delta}{2}+\frac{\alpha}{2}+\frac{3}{4}\right)}\right],$$

qui permet de préciser la loi de l'influence de l'allure de $f(x)$ à l'infini sur la conduite de sa série (L) en un point intérieur $x = x_0$ $(0 < x_0 < \infty)$. On a ainsi les théorèmes :

I. *Si $f(x)$ est intégrable dans tout intervalle fini* (ε, A), $\varepsilon > 0$, *son développement* (L) *est sommable* $(C, \delta > 0)$ *vers* $2^{-1}[f(x_0+0)+f(x_0-0)]$ *en un point intérieur* x_0 $(x_0 > 0)$ *pourvu que* δ *soit suffisamment grand pour assurer l'existence des deux intégrales suivantes :*

$$(2) \qquad \int_0^{\varepsilon} x^{\frac{\alpha+\delta}{2}-\frac{1}{4}}|f(x)|\,dx \qquad \text{et} \qquad \int_A^{\infty} e^{-\frac{x}{2}}x^{\frac{\alpha}{2}-\frac{3}{4}-\delta}|f(x)|\,dx.$$

II. *Si $f(x)$ vérifie la condition* (2) *avec* $\delta = 0$ *son développement* (L) *est convergent en un point intérieur* x_0 *pourvu qu'elle vérifie aussi, autour de ce point* x_0, *les conditions suffisantes classiques* (¹) *de convergence relatives à son allure autour de* x_0.

En particulier si l'on a, avec $\gamma < \alpha + 1$,

$$(3) \qquad f(x) = O\left(x^{\beta}e^{\frac{x}{2}}\right) \text{ pour } x \to \infty \qquad \text{et} \qquad f(x) = O(x^{-\gamma}) \text{ pour } x \to 0,$$

on trouve que δ doit vérifier les deux inégalités

$$\delta > \beta + \frac{\alpha}{2} + \frac{1}{4} \qquad \text{et} \qquad \delta > 2\gamma - \alpha - \frac{3}{2}$$

qui expriment les lois de l'influence des infinitudes de $f(x)$ au point $x = 0$ et à l'infini sur la sommabilité (C, δ) de sa série (L) en un point intérieur à l'intervalle $(0, \infty)$. Pour que (L) soit *convergente*, il faut avoir à la fois

$$\gamma < \frac{\alpha}{2} + \frac{3}{4} \qquad \text{et} \qquad \beta < -\left(\frac{\alpha}{2} + \frac{1}{4}\right)$$

(¹) Par exemple Szegö, *Mathem. Zeitschrift*, 25, 1926, p. 87-115.

et l'on peut former deux fonctions continues dans (ε, A) et $(0, A)$ respectivement et infinies d'ordres

$$\gamma = \frac{\alpha}{2} + \frac{3}{4} \qquad \text{et} \qquad \beta = -\left(\frac{\alpha}{2} + \frac{1}{4}\right),$$

au point $x = 0$ et à l'infini respectivement et telles que pour la première son développement (L) diverge en un point donné $x_0 (x_0 > 0)$ à cause de son allure au point $x = 0$ uniquement et pour la deuxième à cause de son allure à l'infini.

2. Considérons maintenant (L) pour $x = 0$. Nous avons déjà prouvé [1] que la loi de l'influence de l'allure de $f(x)$ à l'infini sur la sommabilité de sa série (L) au point $x = 0$ donne la condition suffisante de (C, δ) sous la forme $\delta > \alpha + \beta + 1/2$ et nous avons posé le problème suivant : *préciser si la première des conditions* (3) *avec* $\beta \geq 0$ *est suffisante pour assurer la sommabilité* (C, δ) *de* (L) *au point* $x = 0$ *pour* $\delta = \alpha + \beta + 1/2$. Actuellement nous pouvons résoudre ce problème en ce qui concerne le cas $\beta = 0$: l'exemple de la fonction particulière

$$f_0(x) \equiv x^{\alpha+1} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^2} \cdot \frac{L_{\varphi(m)}^{\left(2\alpha + \frac{3}{2}\right)}}{[\varphi(m)]^{\alpha + \frac{1}{2}}},$$

où $\varphi(m) = 2^{m^3}$, prouve l'*insuffisance* de la condition $f(x) = O\left(e^{\frac{x}{2}}\right)$ pour assurer la sommabilité (C, δ) de (L) au point $x = 0$ avec $\delta = \alpha + 1/2$, car la fonction $f_0(x)$ vérifie cette condition et néanmoins sa série (L) pour $x = 0$ n'est sommable (C, δ) avec la somme $f(0)$ que si $\delta > \alpha + 1/2$, ses moyennes d'ordre $\alpha + 1/2$ oscillant indéfiniment quand n tend vers l'infini et cela uniquement à cause de l'allure de $f_0(x)$ à l'infini. Enfin l'influence des infinitudes de $f(x)$ qu'elle peut avoir *à l'intérieur* de l'intervalle $(0, \infty)$ sur la sommabilité (C, δ) de (L) au point frontière $x = 0$ ne se fait sentir que pour $\delta < \alpha + 1/2$ et l'on a, plus précisément, le résultat suivant :

3. *Soit* $f(x)$ *une fonction à variation bornée dans tout intervalle fini, sauf le voisinage d'un point intérieur* $x = \xi$, $(\xi > 0)$, *où, pour* $x \to \xi$, *on a*

$$|x - \xi|^{\gamma} . f(x) = O(1) \qquad (x \to \xi),$$

avec $\gamma < 1$. *Même si* $f(x)$ *vérifie pour* $x \to \infty$ *la première des conditions* (3) *avec* $\beta < \gamma - 1$, *sa série* (L) *n'est sommable* (C, δ) *au point* $x = 0$ *avec la somme* $f(+0)$ *que pour* $\delta > \gamma + \alpha - 1/2$.

---

(1) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 388.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence d'une suite dérivée d'une autre suite à variation bornée*. Note de M. C. E. **Winn**, présentée par M. Hadamard.

1. Il est connu, d'après un résultat de Silverman ([1]) et de Toeplitz (*Prace matematyczno fizyczno*, 22, 1911), que, si $\lim\limits_{n \to \infty} s_n = s$, les conditions nécessaires et suffisantes pour que

$$\lim_{n \to \infty} t_n = \lim_{n \to \infty} \sum_{\nu=0}^{n} a_{n\nu} s_\nu = s$$

sont les suivantes :

(1) $$\lim_{n \to \infty} a_{n\nu} = 0 \qquad (\nu \text{ fixe}),$$

(2) $$\lim_{n \to \infty} \sum_{\nu=0}^{n} a_{n\nu} = 1,$$

(3) $$\sum_{\nu=0}^{n} |a_{n\nu}| < \mathrm{K}.$$

J'examine ici une question analogue en supposant que s_n est la somme d'une série *absolument* convergente, c'est-à-dire que s_n est une suite à *variation bornée*. Je trouve des conditions nécessaires et suffisantes pour que $\lim\limits_{n \to \infty} t_n = s$ soit (1), (2) et, au lieu de (3), la suivante :

(3a) $$\left| \sum_{\nu=0}^{m} a_{n\nu} \right| < \mathrm{K} \quad \text{pour tout } n \text{ et tout } m \leqq n \quad ([2]).$$

2. Pour démontrer la suffisance de (1), (2) et (3a), il convient de prendre $s = 0$ (si $s \neq 0$, on considère $\sigma_n = s_n - s$). Étant donné $\varepsilon > 0$, choisissons un entier p de sorte que

(4) $$\sum_{\nu=p}^{\infty} |s_\nu - s_{\nu+1}| < \frac{\varepsilon}{8\mathrm{K}}.$$

Il en résulte, avec $n < p$, que

(5) $$|s_n| = \left| \sum_{\nu=n}^{\infty} (s_\nu - s_{\nu+1}) \right| < \frac{\varepsilon}{8\mathrm{K}}.$$

([1]) *Missouri Dissertation* 1910, publié dans *University of Missouri Studies, Mathematical series*, 1, I, 1913.

([2]) Les conditions (3) et (3a) sont équivalentes, lorsque les $a_{n\nu}$ sont $\geqq 0$.

Soit $|s_n| < \mathrm{H}$ pour $n \geqq 0$. Grâce à (1) on peut trouver $\mathrm{N} < p$ tel que

$$|a_{n\nu}| < \frac{\varepsilon}{2p\mathrm{H}} \qquad \text{pour } n > \mathrm{N} \text{ et } 0 \leqq \nu < p,$$

d'où

$$\left|\sum_{\nu=1}^{p=1} a_{n\nu} s_\nu\right| < \frac{1}{2}\varepsilon. \tag{6}$$

D'autre part, nous avons

$$\sum_{\nu=p}^{n} a_{n\nu} s_\nu = \sum_{\nu=p}^{n-1} (a_{np} + a_{np+1} + \ldots + a_{n\nu})(s_\nu - s_{\nu+1}) + (a_{np} + a_{np+1} + \ldots + a_{nn}) s_n$$

et, en nous servant de $(3a)$,

$$\left|\sum_{r=p}^{\nu} a_{nr}\right| = \left|\left(\sum_{r=0}^{\nu} - \sum_{r=0}^{p-1}\right) a_{nr}\right| < 2\mathrm{K}.$$

Par conséquent, il s'ensuit de (4) et (5) que

$$\left|\sum_{\nu=p}^{n} a_{n\nu} s_\nu\right| < 2\mathrm{K} \sum_{\nu=p}^{n-1} |s_\nu - s_{\nu+1}| + 2\mathrm{K}\,|s_n| < \frac{1}{2}\varepsilon.$$

Combinant avec (6) nous déduisons $|t_n| < \varepsilon$, c'est-à-dire $\lim\limits_{n \to \infty} t_n = 0$.

3. La nécessité des conditions (1) et (2) respectivement est assurée par les deux exemples suivants : 1° $s_n = 0$ pour $n \neq \nu$ et $s_\nu = 1$; 2° $s_n = 1$. Avant d'établir la nécessité de $(3a)$, montrons, en supposant (1), que $a_{n\nu}$ doit être borné pour tout n, ν. Au cas contraire on trouverait deux suites entières $\{n_i\}$ et $\{\nu_i\}$ pour lesquelles $n_0 = \nu_0 = 0$, et, lorsque $i \geqq 1$,

$$|a_{n_i \nu_i}| > i^3, \qquad |a_{n_i \nu}| < 1 \quad (0 \leqq \nu \leqq n_{i-1}), \qquad n_{i-1} < \nu_i \leqq n_i. \tag{7}$$

Considérons donc la suite à variation bornée $\{s_n\}$, pour laquelle

$$s_0 = 0, \qquad s_n = 0 \quad (n \neq \nu_i) \qquad \text{et} \qquad s_n = \frac{1}{i^2} \quad (n = \nu_i,\ i \geqq 1).$$

Par application de (7), il résulte, pour $i \geqq 1$, que

$$|t_{n_i}| = \left|\sum_{\nu=0}^{n_{i-1}} a_{n_i \nu} s_\nu + \sum_{\nu=n_{i-1}+1}^{n_i} a_{n_i \nu} s_\nu\right| > -\sum_{j=1}^{i-1} j^{-2} + |a_{n_i \nu_i}|\, s_{\nu_i} > -\frac{\pi^2}{6} + i,$$

et que t_{n_i} ne tend pas vers zéro, qui est la limite de s_n.

Il reste à prouver la nécessité de $(3a)$, tout en postulant (1) et (2)

et $|a_{n\nu}| < a$. Alors la négation de (3a) entraînerait l'existence de deux suites entières $\{n_i\}$ et $\{\nu_i\}$ pour lesquelles $n_0 = 0$, $\nu_i \leqq n_i$ et, lorsque $i \geqq 1$,

$$(8) \qquad |a_{n_i\nu}| < \frac{a}{(n_{i-1}+1)} \qquad (0 \leqq \nu \leqq n_{i-1}),$$

$$(9) \qquad \left|\sum_{\nu=0}^{\nu_i} a_{n_i\nu}\right| > A_i + 2a,$$

où $A_i = 2^{2^i}$. Désignons par m_i le plus petit indice $< \nu_i (i \geqq 1)$, pour lequel

$$\left|\sum_{\nu=0}^{m_i+1} a_{n_i\nu}\right| > A_i + 2a.$$

Puisque $|a_{n_i0}|$ et $|a_{n_i1}|$ sont inférieurs à a, il s'ensuit que $m_i > 0$, et par (9) et par le fait que $|a_{n_i m_i+1}| < 1$, on a

$$(10) \qquad A_i + a < \left|\sum_{\nu=0}^{m_i} a_{n_i\nu}\right| \leqq A_i + 2a.$$

D'autre part $m_i > n_{i-1}$; sinon (8) impliquerait $\left|\sum_{\nu=0}^{m_i} a_{n_i\nu}\right| < a$.

Considérons la suite à variation bornée $\{s_\nu\}$, définie par $s_0 = 0$, $s_\nu = \alpha_i = 1/2^i$, lorsque $m_{i-1} < \nu \leqq m_i (i \geqq 1 ; m_0 = 0)$. On trouve

$$|t_{n_i}| \geqq \alpha_i \left|\left(\sum_{\nu=0}^{m_i} - \sum_{\nu=0}^{m_{i-1}}\right) a_{n_i\nu}\right| - \sum_{\nu=0}^{m_{i-1}} |a_{n_i\nu}| - \alpha_{i+1} \left|\sum_{\nu=m_i+1}^{n_i} a_{n_i\nu}\right| = X - Y - Z.$$

Donc

$$Z < \alpha_{i+1} \left|\left(\sum_{\nu=0}^{n_i} - \sum_{\nu=0}^{m_i}\right) a_{n_i\nu}\right| \leqq \alpha_{i+1}(b + A_i + 2a),$$

trouve, en tenant compte des valeurs de α_i et de A_i, on déduit

$$|t_{n_i}| > \frac{1}{2^i}(2^{2^i} - 2^{2^{i-1}} - a) - a - \frac{1}{2^{i+1}}(b + 2^{2^i} + 2a),$$

ce qui tend vers ∞ avec i. Donc la condition (3a) est nécessaire.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la continuité des fonctions analytiques singulières.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Une fonction $F(z)$ définie en tout point intérieur à une région R peut-elle être *continue* en tout point de R et *holomorphe* en tout point étranger à une ligne simple de Jordan C située dans R, *sans être holomorphe en aucun point de* C?

Si C est rectifiable, M. Painlevé a répondu négativement à cette question. Plus généralement, comme me l'a suggéré M. Lusin, supposons que tout ensemble parfait, continu ou discontinu, contenu dans C, admette une portion de longueur finie. Alors, encore, $F(z)$ est holomorphe sur la totalité de C, bien que la longueur de C puisse être infinie, et cela au voisinage d'un ensemble non dénombrable de points de C.

M. Osgood a donné des exemples de courbes C dont chaque arc possède une aire positive. Soient a l'origine de C parcouru par ζ, S l'aire de l'arc $a\zeta$, A l'aire totale de C. ζ est une fonction de S définie pour $0 < S < A$. La fonction

$$F(z) = \int_0^A \frac{dS}{\zeta - z},$$

analogue à une autre que M. Pompéiu considéra le premier, remplit les conditions posées, R étant le plan entier.

A priori, comme l'a énoncé M. Painlevé, les propriétés de $F(z)$ exigent que C ait une longueur infinie. Soit C_0 un carré de côté l, de centre λ, que l'on réduit à un ensemble parfait E par répétition indéfinie de l'opération, consistant à supprimer de C_0 deux bandes rectangulaires de mêmes axes que C_0 et de largeur θl. Si $0 < \theta < 1/2$, la longueur de E est infinie, tandis que son aire est nulle quel que soit θ. Si, à la $n^{\text{ième}}$ opération, C_0 est remplacé par 4^n carrés égaux C_n dans chacun desquels on choisit indifféremment un point ζ_m, la valeur moyenne $1/4^n \Sigma\, 1/\zeta_m - z$ tend vers une fonction $F_1(z) = F(z, E)$ continue sur E et vérifiant les inégalités $|F(z, E)| < \eta/l$, quel que soit z et E, $F(z, E) = 1/\lambda - z + \delta l\ (|\delta| < 1)$, si $|z - \lambda| > 2l$.

$F(z, E)$ est une intégrale de Stieltjes. On peut joindre les portions de E par des ensembles semblables à E de façon à obtenir une courbe simple C de Jordan, dont chaque arc a une aire nulle et une longueur infinie. On représente C sur le segment 0,1 parcouru par ξ, et l'on détermine une

fonction bornée $\varphi(\xi)$ telle que $\int_0^1 \varphi(\xi)d\xi/\zeta - z = T(z)$ soit continue et singulière en tout point de C.

Dans un autre ordre d'idées, la propriété de $F(z, E)$ d'être sensiblement équivalente à $1/\lambda - z$ dès que $|z - \lambda|/l$ est assez grand (comme la fonction analogue de M. Pompéiu), donne immédiatement des exemples de fonctions $\Phi(z)$ continues, uniformes et à singularités totalement discontinues, soit dans le cercle $|z| < 1$, soit dans tout le plan, $z^k\Phi(z)$ *tendant uniformément vers* o *quand* $|z|$ *tend soit vers* 1, *soit vers* ∞ (k positif quelconque, indépendant de z). Des fonctions de cette nature ont déjà été formées par MM. Lusin et Priwaloff. On déduira $\Phi(z)$ de certaines fonctions

$$f(z) = \prod_1^\infty (1 - \alpha_n z^{m_n}),$$

en remplaçant chaque facteur de $1/f(z)$ par un facteur $1/\alpha_n F(z^{m_n}, e_n)$, e_n étant l'ensemble semblable à E et inscrit dans le cercle $|1 - \alpha_n u| = \beta_n$, β_n étant un certain infiniment grand.

Par exemple,

$$\alpha_n = 2^n, \qquad m_n = 4^n \qquad \text{et alors} \qquad \lim_{|z|=1} \Phi(z) = 0,$$

$$\alpha_n = n^{-2-\mu} \qquad (\mu > 0), \qquad m_n = 1 \qquad \text{et} \qquad \lim_{z\,\infty} z^k\Phi(z) = 0.$$

M. Lusin a posé la question de savoir si l'on pourrait trouver des courbes C de la famille étudiée et d'équation

$$\zeta = \xi + i\psi(\xi) \qquad (\alpha < \xi < \beta).$$

Soit $\theta(u)$ une fonction paire, croissante, telle que $\int_0^c du/\theta(u)$ soit fini. Si $\psi(x)$ est assez rapidement oscillant pour que, avec $z = x + i[\psi(x) + h]$, l'ensemble $j(z)$ ou $j(x, h)$ des nombres δ vérifiant

$$|\psi(x + \delta) - \psi(x) - h| < \theta(\delta)$$

est tel que l'intégrale $\int_{j(z)} d\delta/\delta$ est uniformément convergente, indépendamment de z, alors

$$F(z) = \int_\alpha^\beta \frac{d\xi}{\xi + i\psi(\xi) - z}$$

reste continue sur C.

On peut réaliser ce cas avec des fonctions du type

$$\psi(x) = \sum_{1}^{\infty} a_n \cos b_n x.$$

$f(x)$ étant une fonction continue définie sur l'intervalle $\alpha\beta$, soit

$$\alpha \leqq \alpha_1 < \ldots < \alpha_n \leqq \beta$$

une subdivision de $\alpha\beta$, et

$$\sigma = \sum_{k=1}^{k=n-1} |f(\alpha_{k+1}) - f(\alpha_k)|.$$

Appelons *variation totale supérieure — ou inférieure — « à l'échelle* ω » *de* $f(x)$ *sur* $\alpha\beta$, respectivement le maximum de σ pour $\alpha_{k+1} - \alpha_k \geqq \omega$, et le minimum de σ pour $\alpha_{k+1} - \alpha_k \leqq \omega$, $\alpha_1 - \alpha \leqq \omega$, $\beta - \alpha_n \leqq \omega$.

De ces deux nombres $V(f, \omega, \alpha\beta)$ et $v(f, \omega, \alpha\beta)$, le premier surpasse le second.

Pour toutes les courbes $C[\zeta = \xi + i\psi(\xi)]$ obtenues en exemple, on a

$$\log V(\omega) > (1-\varepsilon)\sqrt{\log \frac{1}{\omega} \log_2 \frac{1}{\omega}} \qquad (\varepsilon > 0,\ \omega \text{ assez grand}).$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Le nombre des changements de signe d'une fonction dans un intervalle et ses moments.* Note [1] de M. **Michel Fekete**, présentée par M. J. Hadamard.

1. Soit $f(x)$ une fonction réelle de la variable réelle x, continue et $\not\equiv 0$ dans l'intervalle $0 \leqq x \leqq a$, $(0 < a < \infty)$, dont les n premiers moments $(n \geqq 1)$ relatifs à cet intervalle satisfont aux égalités

$$\int_0^a f(x)\,dx = 0, \qquad \ldots, \qquad \int_0^a f(x) x^{n-1}\,dx = 0.$$

Alors, d'après un théorème classique, *la fonction $f(x)$ change au moins n fois de signe lorsque x parcourt* (toujours croissant) *l'intervalle* $0 \leqq x \leqq a$.

D'autre part, M. Fejér a trouvé [2] qu'*en désignant par v le nombre des*

---

[1] Séance du 11 avril 1932.

[2] *Comptes rendus*, 157, 1914, p. 1328.

variations de signe dans la suite infinie

(1) $$\int_0^a f(x)\,dx,\quad \int_0^a f(x)x\,dx,\quad \ldots,\quad \int_0^a f(x)x^{\nu-1}\,dx,\quad \ldots$$

des moments de la fonction $f(x)$, celle-ci présentera nécessairement au moins ν changements de signe dans l'intervalle $\overline{0, a}$; on a à compter le nombre des variations dans (1) *en omettant* tous les termes de cette suite égaux à 0.

2. Je vais démontrer que l'on peut préciser ces deux résultats simultanément par la proposition suivante :

Désignons par $z = z\{f\}$, ou $\nu^* = \nu^*\{f\}$ respectivement, le nombre des termes de la suite (1) égaux à 0 ou différents de 0 et suivis immédiatement d'un terme de signe contraire. Alors la fonction $f(x)$, continue et $\not\equiv 0$ pour $0 \leqq x \leqq a$, change au moins $\nu^* + z = s = s\{f\}$ fois de signe lorsque x parcourt (dans le même sens) l'intervalle $0 \leqq x \leqq a$.

Cet énoncé, étant évidemment vrai dans le cas où le nombre $V = V\{f\}$ des changements de signe de $f(x)$ dans $\overline{0, a}$ est fini ou lorsque la somme $s\{f\}$ s'évanouit, se vérifie sous l'hypothèse $V\{f\} < \infty$ et $s\{f\} \geqq 1$ par induction complète (relative à la quantité $V\{f\}$).

3. Désignons par $z_n\{f\}$ ou $\nu_n\{f\}$ le nombre des termes égaux à 0 ou différents de 0 et suivis immédiatement d'un terme de signe contraire dans la suite $M_\nu\{f\} = \int_0^a f(x)x^\nu\,dx$ ($\nu = 0, 1, \ldots, n$), la fonction $f(x)$ satisfaisant aux conditions ci-dessus; et, de même, par $z_n\{\varphi\}$, $\nu_n\{\varphi\}$, $M_\nu\{\varphi\}$ les quantités correspondantes pour la fonction $\varphi(x)$, conjuguée à $f(x)$ par la relation $\varphi(x) = f(x)(x - \alpha)$, α étant fixé entre 0 et a tel que $V\{\varphi\} = V\{f\} - 1$.

Les sommes $s_\nu\{f\} = z_\nu\{f\} + \nu_\nu\{f\}$ ne décroissant jamais quand ν parcourt la suite des nombres naturels, il suffit, pour vérifier notre théorème $V\{f\} \geqq s\{f\}$, d'établir, pour une suite infinie croissante $n_1, \ldots, n_k$ convenablement définie, la validité des inégalités

(2) $$V\{f\} \geqq s_{n_k}\{f\}.$$

Soit n_1 la plus petite valeur de n telle que $M_n\{f\} \neq 0$ et $s_n\{f\} \geqq 1$ (l'existence d'un tel nombre est assurée par $V\{f\} < \infty$, $s\{f\} \geqq 1$); de même, soit $n_k (k \geqq 2)$ la plus petite valeur de n telle que $n > n_{k-1}$, $M_n\{f\} \neq 0$, satisfaisant aussi à la condition $s_n\{f\} \geqq s_{n_{k-1}}\{f\} + 1$ si toutefois elle est compatible avec les précédentes. Je dis que

(3) $$s_{n_k}\{f\} \leqq s_{n_{k-1}}\{\varphi\} + 1 \qquad (k = 1, 2, \ldots); \qquad [s_n(\varphi) = z_n(\varphi) + \nu_n(\varphi)].$$

De là, en vertu de $s_{n_{k-1}}\{\varphi\} \leqq \lim_{n \to \infty} s_n\{\varphi\} = s(\varphi)$ et sous l'hypothèse $s(\varphi) \leqq V(\varphi)$, admise pour l'induction totale, résulte (2).

4. Pour démontrer (3), remarquons d'abord que la suite $M_0\{f\}, \ldots, M_{n_1}\{f\}$ se compose de n_1 termes égaux à 0 ou bien différents de 0 et ayant le signe de $-M_{n_1}\{f\}$, et de $M_{n_1}\{f\}$ lui-même (1er et 2e cas); ou bien encore de $n_1 - 1 \geqq 1$ termes égaux à 0, compris entre les termes $M_0\{f\}$ et $M_{n_1}\{f\}$, ceux-ci étant différents de 0 et de signes égaux ou différents (3e et 4e cas). On aura, en correspondance avec les cas 1er-4e, $z_{n_1}\{f\} = n_1$; 0; $n_1 - 1$; $n_1 - 1$ $v_{n_1}\{f\} = 0$; 1; 0; 0, $s_{n_1}\{f\} = n_1$; 1; $n_1 - 1$, $n_1 - 1$, tandis que, en même temps, les nombres correspondants relatifs à la suite $M_0\{\varphi\}, \ldots, M_{n_1-1}\{\varphi\}$ satisfont, en vertu de $M_\nu\{\varphi\} = M_{\nu+1}\{f\} - \alpha M_\nu\{f\}$, aux relations

$$z_{n_1-1}\{\varphi\} = n_1 - 1; \quad \geqq 0; \quad = n_1 - 2, \quad n_1 - 2, \quad v_{n_1-1}\{\varphi\} = 0; \quad \geqq 0; \quad \geqq 0; \quad = 0;$$

d'où (3) pour $k = 1$.

5. Pour le démontrer aussi pour $k \geqq 2$, nous nous appuyons, si le nombre n_k défini ci-dessus satisfait à la condition $s_{n_k}\{f\} \geqq s_{n_{k-1}}\{f\} + 1$, sur le fait que, dans ce cas, la suite $M_{n_{k-1}}\{f\}, \ldots, M_{n_k}\{f\}$ se compose de $n_k - n_{k-1} - 1 \geqq 1$ termes égaux à 0, compris entre $M_{n_{k-1}}\{f\}$ et $M_{n_k}\{f\}$, qui ont le même signe ou non (1er et 2e cas), ou bien de $n_k - n_{k-1}$ termes différents de 0, ayant le signe de $-M_{n_k}\{f\}$ et de $M_{n_k}\{f\}$ lui-même (3e cas). On aura, en correspondance avec les 1er-3e cas, $z_{n_k}\{f\} - z_{n_{k-1}}\{f\} = n_k - n_{k-1} - 1$; $n_k - n_{k-1} - 1$; 0, $v_{n_k}\{f\} - v_{n_{k-1}}\{f\} = 0$; 0; 1, pendant que dans le premier cas on a $\Delta z(\varphi) = z_{n_k-1}\{\varphi\} - z_{n_{k-1}-1}\{\varphi\} = n_k - n_{k-1} - 2$ avec

$$\Delta v\{\varphi\} = v_{n_k-1}\{\varphi\} - v_{n_{k-1}-1}\{\varphi\} \geqq 1,$$

dans le deuxième cas $\Delta z(\varphi) = n_k - n_{k-1} - 2$ avec $\Delta v\{\varphi\} = 1$ et dans le troisième cas $\Delta z\{\varphi\} \geqq 1$ avec $\Delta v\{\varphi\} \geqq 0$ ou $\Delta z\{\varphi\} = 0$ avec $\Delta v\{\varphi\} \geqq 1$. Par conséquent $s_{n_k}\{f\} - s_{n_{k-1}}\{f\} \leqq s_{n_k-1}\{\varphi\} - s_{n_{k-1}-1}\{\varphi\}$; d'où, pour la catégorie mentionnée de n_k, notre assertion (3).

Si pour un k donné $s_{n_{k-1}}\{f\} = s\{\varphi\}$ (c'est-à-dire si la relation $s_{n_k}\{f\} \geqq s_{n_{k-1}}\{f\} + 1$ n'est plus possible) alors, pour $n \geqq n_{k-1}$,

$$sg M_n\{f\} = sg M_{n_{k-1}}\{f\},$$

pour $l \geqq 1$

$$n_{k-1+l} = n_{k-1} + l, \qquad s_{n_{k-1+l}}\{f\} = s_{n_{k-1}}\{f\},$$

tandis que $s_{n_{k-1+l}-1}\{\varphi\} \geqq s_{n_{k-1}}\{\varphi\}$; ce qui démontre le reste.

6. On peut quelquefois obtenir une évaluation plus avantageuse pour $V\{f\}$ *en substituant au nombre* $z\{f\}$ *une somme à laquelle chaque groupe*

de ν termes nuls de la suite (1), *compris entre deux termes différents de* 0, *contribue pour* $2[\nu+1/2]$ *ou* $2[\nu/2]+1$ *unités suivant que les deux termes qui sont différents de* 0 *sont de signes identiques ou opposés, tandis que si la suite commence par* ν *termes* 0, *la contribution de ce premier groupe sera* ν.

Démonstration par induction complète, en complète analogie avec la démonstration ci-dessus.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les classes de substitutions d'ordre* 2 *des groupes linéaire, quadratique, hermitien et gauche dans un champ de Galois d'ordre impair.* Note de M. DE SÉGUIER.

1. Soient $\mathcal{C}'$ et $\mathcal{C}$ deux champs galoisiens d'ordres impairs π^2 et π, ayant pour éléments primitifs ι' et $\iota=\iota'^{\pi+1}$; υ un élément définissant de $\mathcal{C}'$; a une forme bilinéaire $\Sigma a_{ik}x_i x'_k$, qui peut être identifiée avec la matrice (a_{ik}), et vérifie avec $|a_{ik}|\neq 0$, soit $\bar{a}$ (transposée de a) $=\pm a$ (a est alors dans $\mathcal{C}$), soit $\bar{a}=\pm\dot{a}$ (conjuguée de a). A′ désignera le groupe des substitutions α vérifiant $\alpha a\bar{\alpha}=fa$ si $\bar{a}=\pm a$, $\dot{\alpha}a\bar{\alpha}=fa$ si $\bar{a}=+\dot{a}$, f étant quelconque dans $\mathcal{C}$; A désignera le diviseur de A′ correspondant à $f=1$, A^0 le diviseur unimodulaire de A, et (si $\bar{a}=a$). Les substitutions et groupes déduits respectivement de α, A^0, A, A′ en y regardant les variables comme homogènes seront désignés par (α), $\mathfrak{A}^0$, $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{A}'$.

La forme a peut, par un choix convenable des variables, être ramenée :

Si $\bar{a}=a$, à la forme $q=\sum_1^\nu x_i y_i+\psi$, ψ désignant $cx^2+bxy+c'y^2 (c\neq 0)$, ou x_ν, y_ν $(\nu'=\nu+1)$ sauf si $b=c'=0$;

Si $\bar{a}=\dot{a}$, à l'une des formes $h=(\upsilon-\dot{\upsilon})=\sum_1^\nu(x_i\dot{y}_i-y_i\dot{x}_i)+\theta x\dot{x} (\theta=0, 1)$, $e=\sum_1^{2\nu+\theta} z_i\dot{z}_i$;

Si $\bar{a}=-a$, à la forme $g=\sum_1^\nu(x_i y'_i-y_i x'_i)$.

Les lettres A et $\mathfrak{A}$ seront remplacées, pour $a=q$, par Q et $\mathfrak{Q}$, pour $a=h$, par H et $\mathfrak{H}$, pour $a=e$, par E et $\mathfrak{E}$, pour $a=g$, par G et $\mathfrak{G}$.

2. Soit $a=\dot{q}$. Nous considérerons les substitutions $t_0=|x+bc^{-1}y, -y|$,

$t_i = |y_i, x_i|$, $m_{is} = |sx_i, s^{-1}y_i|$, $d_i = m_{i,-1}$ $(i = 1, \ldots, \nu')$, $\gamma_i = |\iota x_i, y_i|$ $(i = 1, \ldots, \nu)$, $\gamma_{\nu'} = |\iota x_{\nu'}, y_{\nu'}|$ pour ψ réductible; $\gamma_{\nu'} = |\iota' x_{\nu'}, \tau'^{\pi} y_{\nu'}|$ pour ψ irréductible; $\gamma = \Pi_1^{\nu'} \gamma_i$, T_{ik} qui échange x_i et x_k, y_i et y_k; $\varphi_i = |x_i, y_i|$ $(i = 1, \ldots, \nu')$ ψ réductible; $\varphi = \Pi_1^{\nu'} \varphi_i$, $s_i = t_0 t_1, d_1 d_2 \ldots d_i$, $\theta_i = d_{2i-1} T_{2i-1,2i} t_{2i-1} t_{2i}$, $\Theta_{2k} = \Pi_1^k \theta_i$ $\mu = \Pi_1^{\nu'} m_n$. Pour distinguer les divers cas, nous désignerons par α et α' les restes de n (nombre des variables) mod 2 ou 4, par β le reste mod 2 de k si le discriminant de ψ est ι^k, par β' le reste de ψ mod 4. Chacun de ces nombres pourra, quand sa valeur ne sera pas indiquée, prendre ses deux déterminations.

Les classes de s_2 sont alors les suivantes, chacune étant indiquée par un de ses représentants.

Groupe Q′ : s_i, $s_i m_{1\iota}$, $s_i t_0$, $s_i m_{1\iota} t_0$ $(i = 1, \ldots, \nu)$; si $\alpha = 0$, ajouter $ds_1 t_0$ et $ds_1 m_{1\iota} t_0$; si $\alpha = \beta = 0$, ajouter encore φ. *Groupe* Q : celles de Q′ moins φ. *Groupe* Q⁰ : les s_i et $s_i m_{1\iota}$.

Groupe $\mathcal{Q}'$: Si $\alpha = 1$, (s_i) et $(s_i m_{1\iota})$ $(i = 1, \ldots, \nu)$; si $\alpha = 0$, (s_i) et $(s_i m_{1\iota})$ $(i \leqq n/4)$, $(s_i t_0)$ $[i \leqq (n+2)/4]$, $(t_1, t_2, \ldots, t_\nu, \gamma)$; si $\alpha = \alpha' = \beta = 0$, ajouter $(\Theta_{\nu'})$ pour $\beta' = 3$, $(\Theta_{\nu'}\gamma)$ pour $\beta' = 1$; si $\alpha = 0$, $\alpha' = 2$ et $\beta = 1$, ajouter $(\Theta_\nu m_{\nu'\varepsilon})(\varepsilon^2 = -1)$ pour $\beta' = 3$, $\Theta_\nu \Pi_1^\nu \gamma_i m_{\nu\eta}(\eta^2 = -\iota)$ pour $\beta' = 1$. *Groupe* $\mathcal{Q}$: Si $\alpha = 1$, $\mathcal{Q} = \mathcal{Q}'$; si $\alpha = 0$, (s_i) et $(s_i m_{1\iota})$ $(i \leqq n/4)$, $(s_i t_0)$ et $(s_i m_{1\iota} t_0)$ $(i \leqq (n+2)/4)$; si $\alpha = 0$ et $\beta' = 1$, ajouter $(\Theta_{\nu'})$ pour $\alpha' = \beta = 0$, $(\Theta_\nu m_{\nu'\varepsilon})$ pour $\alpha' = 2$ et $\beta = 1$. *Groupe* $\mathcal{Q}^0$: Si $\alpha = 1$, $\mathcal{Q}^0 = Q^0$; si $\alpha = 0$, (s_i) et $(s_i m_{1\iota})$ $(i \leqq n/4)$; si $\alpha = \beta = 0$ et $\beta' = 1$, ajouter (μ) pour $\alpha' = 2$, (μ) et $(d_1 \mu)$ pour $\alpha' = 0$; si $\alpha = 0$ et $\beta' = 3$, ajouter $(\Theta_\nu m_{\nu'\varepsilon})$ pour $\alpha' = 2$ et $\beta = 1$, $(\Theta_{\nu'})$ et $(\Theta_{\nu'} t_1 t_2)$ pour $\alpha' = \beta = 0$.

3. Soit $a = e$. Nous considérerons les substitutions $\lambda_i = |-z_i$, $l_r = \Pi_1^r \lambda_i$, $\psi_k = |-g z_{2k}, -g^{-1} z_{2k-1}|$ $(g^{\pi+1} = -1)$, ψ_* (pour n pair) $= \Pi_1^{n/2} \psi_k$. Les classes de s_2 sont alors les suivantes :

Groupe E′ : l_r $(r = 1, \ldots, n)$; et, pour n pair, ψ. *Groupe* E : l_r $(r = 1, \ldots, n)$. *Groupe* E⁰ : l_{2k} $(k = 1, \ldots, \nu)$.

Groupe $\mathcal{E}$ $(= \mathcal{E}')$: (l_r) $(r \leqq n/2)$; et, pour n pair, (ψ). *Groupe* $\mathcal{E}^0$: (l_r) $(r > n/2)$ pour n impair; (l_{2k}) $(k \leqq n/4)$ pour n pair.

4. Soit $a = g$. Nous considérerons les substitutions d_i, t_i, γ, φ, définies au n° 1, et, de plus, $\tau_i = \varphi_i t_i$, $\tau = \Pi_1^\nu \tau_i$, d' (pour ν pair) $= \Pi_1^{\nu/2} d_{2i-1}$. Nous désignerons par α et β les restes de ν mod 2 et de π mod 4. Les classes de s_2 sont alors les suivantes :

Groupe G′ : $d_1 d_2 \ldots d_r$ $(r = 1, \ldots, \nu)$, et φ. *Groupe* G $(= G^0)$: $d_1 d_2 \ldots d_r$. *Groupe* $\mathcal{G}'$: $(d_1 d_2 \ldots d_r)$ $(r \leqq \nu/2)$, (φ); si $\alpha = 1$, ajouter (τ) pour $\beta = 3$, $(\tau\gamma)$ pour $\beta = 1$; si $\alpha = 0$, ajouter $(d' T \tau\gamma)$ et (τ) pour $\beta = 3$, $(\tau\gamma)$

pour $\beta = 1$. *Groupe* $\mathcal{G}$: $(d_1 d_2 \ldots d_r)$ $(r \leqq \nu/2)$; puis (φ) si $\beta = 1$, (τ) si $\beta = 3$. (Cf. DICKSON, *Linear Groups*, nos 120-122).

5. Voici maintenant les classes de s_2 du groupe linéaire L, de son diviseur unimodulaire U, des groupes homogènes $\mathcal{L}$ et $\mathcal{U}$ correspondants. Nous considérerons les substitutions $\mu_r = \Pi_1^r \mid x_i, -x_i \mid$; puis, si $n = 2\nu$, en remplaçant $x_{\nu+i}$ par y_i $(i = 1, \ldots, \nu)$, $\lambda_{ik} = t_i \gamma_i^k$, $\lambda_k = \Pi_1^\nu \lambda_{ik}$. Les classes de s_2 sont alors :

Groupe L : les $\mu_i (i = 1, \ldots, n)$. *Groupe* U : les $\mu_{2k} (k \leqq n/2)$. *Groupe* $\mathcal{L}$: les (μ_i) où $i \leqq n/2$, et (λ_1) si $n = 2\nu$. *Groupe* $\mathcal{U}$: les (μ_i) ou $(-1)^i = \iota^{kn}$ (k entier), et (λ_1) si $n = 2\nu$ et $(-1)^\nu = \iota^{kn}$.

ÉLASTICITÉ. — *Sur le problème de torsion des poutres élastiques composées.* Note (1) de M. N. MOUSKHELICHVILI (MUSCHELIŠVILI), présentée par M. Hadamard.

Envisageons une poutre composée de plusieurs pièces cylindriques soudées ensemble le long de leurs surfaces latérales, chaque pièce étant homogène et isotrope, les constantes élastiques pouvant varier d'une pièce à l'autre. Proposons-nous de résoudre le problème de torsion d'une telle poutre en suivant du plus près possible la méthode classique de Saint-Venant pour les poutres homogènes.

Considérons, pour fixer les idées, le cas où l'on a plusieurs barres élastiques parallèles, sans points communs, entourées par une matière élastique remplissant l'espace entre les barres et limitée extérieurement par une surface cylindrique. La section droite S d'une telle poutre sera formée de régions séparées $S_1, S_2, \ldots, S_m$, correspondant aux barres, et d'une région S_0 correspondant au corps ambiant. Chaque région $S_j (j = 1, 2, \ldots, m)$ sera limitée par une courbe fermée simple C_j, mais la frontière de S_0 sera composée de $m+1$ courbes fermées $C_1, C_2, \ldots, C_m$ et C_{m+1} dont la dernière contient les précédentes à l'intérieur. Dirigeons l'axe Oz parallèlement aux génératrices et posons, comme le fait Saint-Venant dans le cas de poutres homogènes,

$$(1) \qquad u = -\tau z y, \qquad v = \tau z x, \qquad w = \tau \varphi(x, y),$$

u, v, w désignant les composantes du déplacement (*supposées continues*

(1) Séance du 11 avril 1932.

dans S); τ, une constante et φ, une fonction à déterminer, nécessairement continue dans S. On vérifie aisément, comme dans le cas d'une poutre homogène, que toutes les composantes de la tension seront nulles sauf X_z et Y_z et que

$$(2)\qquad X_z=\tau\mu_j\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}-y\right),\qquad Y_z=\tau\mu_j\left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}+x\right)\quad (\text{dans } S_j,\ j=0,\ 1,\ \ldots,\ m),$$

en désignant par $\mu_j>0$ la valeur de la constante μ de Lamé dans la région S_j. Les équations de l'élasticité se réduisent à la seule équation de Laplace $\Delta\varphi=0$. En exprimant ensuite que la surface latérale extérieure n'est soumise à aucune tension, et que les tensions qui agissent de part et d'autre sur les éléments des surfaces de séparations des barres et du corps ambiant sont égales et opposées, on obtient les $m+1$ conditions aux limites

$$(3)\qquad \mu_0\left(\frac{\partial\varphi}{\partial n}\right)_0-\mu_j\left(\frac{\partial\varphi}{\partial n}\right)_j=(\mu_0-\mu_j)(y\cos nx-x\cos ny)\equiv f_j$$
$$[\text{sur } C_j(j=1,\ 2,\ \ldots,\ m+1)],$$

en désignant par n la normale dirigée vers l'extérieur de S_0, et par $(\partial\varphi/\partial n)_0$ et $(\partial\varphi/\partial n)_j$ les dérivées normales calculées en restant respectivement dans S_0 ou dans S_j; on suppose en outre $\mu_{m+1}=0$. On déduit immédiatement de (3), en tenant compte de la continuité de φ dans S,

$$(4)\qquad \sum_{j=1}^{m+1}\int_{C_j}\varphi f_j\,ds=\sum_{j=0}^{m}\mu_j\int\int_{S_j}\left[\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2\right]dx\,dy,$$

d'où il suit que les conditions (3) déterminent φ à une constante près, puisqu'on doit avoir $\varphi=$ const. dans S si les fonctions f_j sont nulles.

Cherchons φ sous la forme d'un potentiel de simple couche, étalée sur le contour $C=C_1+C_2+\ldots+C_{m+1}$,

$$(5)\qquad \varphi=\int_C\rho(s)\log\frac{1}{r}\,ds=\sum_{j=1}^{m+1}\int_{C_j}\rho(s)\log\frac{1}{r}\,ds;$$

on est alors conduit à une légère généralisation du problème classique de Robin-Poincaré. D'après les propriétés bien connues du potentiel, les conditions (3) prennent la forme

$$(6)\qquad \pi(\mu_0+\mu_j)\rho(\sigma)+(\mu_0-\mu_j)\int_C\rho(s)\frac{\cos\psi}{r}\,ds=f_j(\sigma),$$

en désignant par σ un point sur C_j ($j=1,\ 2,\ \ldots,\ m+1$) et par ψ l'angle du

vecteur $\vec{\sigma s}$ avec la normale n en σ. On a donc à résoudre l'équation de Fredholm

$$(7)\qquad \rho(\sigma)+\int_C K(\sigma, s)(s)\,ds=f(\sigma),$$

où l'on a posé

$$(8)\quad K(\sigma, s)=\frac{\mu_0-\mu_j}{\pi(\mu_0+\mu_j)}\frac{\cos\psi}{r},\qquad f(\sigma)=\frac{f_j(\sigma)}{\pi(\mu_0+\mu_j)}\quad (\text{quand } \sigma \text{ est sur } C_j).$$

La densité $\rho(\sigma)$ qui satisfait à l'équation homogène [obtenue en posant $f(\sigma)\equiv 0$], devant fournir le potentiel φ qui est constant dans S, est déterminée à un facteur constant près ([1]). Donc, l'équation homogène associée n'admettra aussi qu'une solution indépendante; et, comme on le vérifie directement, une telle solution sera fournie par $\rho=\mu_0+\mu_j$ (sur C_j). On en déduit la condition (unique) de possibilité de (7) :

$$(9)\qquad \int_C \rho f\,d\sigma=0 \quad\text{ou bien}\quad \sum_{j=1}^{m+1}\int_{C_j} f_j\,d\sigma=0;$$

cette condition découle aussi directement des conditions (3). Elle est évidemment toujours remplie dans le cas en question. Le problème posé admet donc toujours une solution unique φ, abstraction faite d'une constante additive non essentielle. On vérifie, comme dans le cas de Saint-Venant, que les tensions agissant sur toute section droite sont équivalentes à un couple de torsion dont le moment est proportionnel à τ.

On obtient les résultats tout analogues dans le cas d'une poutre composée de tubes intérieurs l'un à l'autre et dans certains autres cas.

ÉLASTICITÉ. — *Sur le problème plan des vibrations élastiques.* Note de MM. V. Smirnoff et S. Soboloff, présentée par M. Hadamard.

Le but de cette Note est d'indiquer une méthode nouvelle pour la solution du problème plan des vibrations élastiques dans le cas d'un demi-plan ou d'une couche. Cette méthode est valable aussi pour quelques problèmes dans l'espace où a lieu la symétrie axiale.

([1]) Il est évident que $\rho(\sigma)=0$ sur C_j, sauf C_{m+1}. Dans le cas de trois dimensions et du potentiel Newtonien, ρ serait la densité de la distribution naturelle de l'électricité sur la surface du conducteur S_0.

Prenons une équation de la forme

$$t - \theta x \pm \sqrt{c^2 - \theta^2}\, y = \chi(\theta), \tag{1}$$

où $\chi(\theta)$ est une fonction analytique de θ. Cette équation définit θ comme une fonction de (x, y, t). Il est facile de prouver le fait suivant : Si, dans quelque domaine de l'espace (S) aux coordonnées (x, y, t), l'équation (1) a une racine imaginaire, alors la partie réelle de chaque fonction analytique $\mathcal{F}(\theta)$ donne la solution de l'équation

$$c^2 \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}. \tag{2}$$

Si dans quelque domaine de l'espace (S) l'équation (1) a une racine réelle, alors une fonction arbitraire à dérivées des deux premiers ordres satisfait à l'équation (2). Ce théorème simple est la base de la méthode.

Dans le cas du problème plan des vibrations élastiques nous avons, pour les composantes du déplacement u et v,

$$u = \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{\partial \psi}{\partial y}, \qquad v = \frac{\partial \varphi}{\partial y} - \frac{\partial \psi}{\partial x}. \tag{3}$$

Les fonctions φ et ψ doivent satisfaire à l'équation (2) pour $c = a$ et $c = b$, où $1/a$ et $1/b$ sont les vitesses de la propagation des ondes longitudinales et transversales.

Les cas d'un coup concentré au point $x = y = 0$ pour $t = 0$ ou d'un moment inclus pour $t = 0$ au point $x = y = 0$ donnent les potentiels φ et ψ, qui sont des fonctions homogènes du degré zéro. Mais on peut démontrer que, dans ce cas, φ et ψ peuvent être obtenus par le procédé signalé plus haut, et il faut poser, dans l'équation (1), $\chi(\theta) \equiv 0$.

Passons au problème des vibrations du demi-plan $y \geqq 0$ sous l'action d'une source de vibrations longitudinales concentrée au point $x = 0$, $y = f$ au moment $t = 0$. Le potentiel de cette source est donné comme la partie réelle d'une fonction analytique

$$\varphi = \mathrm{R}[\Phi(\theta_1)], \tag{4}$$

où θ_1 est défini par l'équation

$$t - \theta_1 x + \sqrt{a^2 - \theta_1^2}\,(y - f) = 0. \tag{5}$$

Cette équation fait correspondre aux rayons du faisceau conique

$$t^2 - a^2[x_2 + (y - f)^2] \geqq 0 \qquad (t > 0) \tag{6}$$

de l'espace (S) les valeurs de la variable complexe θ_1, et le domaine de ces valeurs est le plan entier avec la coupure $(-a, +a)$. La fonction $\Phi'(\theta_1)$ doit être régulière dans ce domaine, l'infini exclu, et sa partie réelle doit s'annuler sur la coupure qui correspond au front de la propagation des vibrations. Le potentiel donné φ détermine le mouvement pour $t < af$. Pour $t > af$ nous devons ajouter encore deux potentiels, l'un φ_1 pour l'onde longitudinale et l'autre ψ_1 pour l'onde transversale. Il faut maintenant déterminer ces potentiels réfléchis par les conditions aux limites. La moitié du faisceau (6) qui correspond au demi-plan supérieur de θ_1 coupe le plan $y = 0$, et les points d'intersection forment le domaine

$$t^2 - a^2(x^2 + f^2) \geqq 0 \qquad (t > 0). \tag{7}$$

De chaque point de ce domaine partent deux rayons : l'un pour le potentiel φ_1 et l'autre pour ψ_1. Les équations

$$t - \theta_2 x - \sqrt{a^2 - \theta_2^2}\,(y + f) = 0 \qquad \text{et} \qquad t - \theta_3 x - \sqrt{b^2 - \theta_3^2}\,y - \sqrt{a^2 - \theta_3^2}\,f = 0$$

font correspondre aux rayons de ces deux faisceaux les demi-plans supérieurs de θ_2 et θ_3, et nous posons

$$\varphi_1 = R[\Phi_1(\theta_2)], \qquad \psi_1 = R[\Psi_1(\theta_3)].$$

Sur le plan $y = 0$, les variables θ_1, θ_2 et θ_3 coïncident en chaque point du domaine (7) et les conditions aux limites qui expriment l'absence des tensions sur ce plan nous donnent, par un calcul simple,

$$\Phi'_1(\theta) = \frac{-(2\theta^2 - b^2)^2 + 4\theta^2\sqrt{a^2 - \theta^2}\sqrt{b^2 - \theta^2}}{F(\theta)}\,\Phi'(\theta),$$

$$\Psi'_1(\theta) = -\frac{4\theta(2\theta^2 - b^2)\sqrt{a^2 - \theta^2}}{F(\theta)}\,\Phi'(\theta),$$

où

$$F(\theta) = (2\theta^2 - b^2)^2 + 4\theta^2\sqrt{a^2 - \theta^2}\sqrt{b^2 - \theta^2}.$$

Il faut prendre les radicaux $\sqrt{a^2 - \theta^2}$ et $\sqrt{b^2 - \theta^2}$ comme positifs pour les valeurs de θ de l'axe imaginaire $(0, +i\infty)$. La Note suivante sera consacrée au cas d'une source de vibrations transversales et à quelques autres problèmes.

ÉLASTICITÉ. — *Sur l'équilibre d'une plaque circulaire épaisse et d'une plaque en forme de secteur circulaire.* Note [1] de M. **B. Galerkin**, présentée par M. Mesnager.

Dans les travaux que je connais [Barré de Saint-Venant [2], A. E. H. Love [3], Carl Garabedian [4], H. Sibert [5] et autres], on examine la plaque circulaire épaisse soumise à l'action de la charge symétrique par rapport à l'axe de révolution.

La présente Note fournit, autant qu'il me semble, une solution générale pour la plaque circulaire soumise à l'action d'une charge quelconque.

Nous appliquerons à la solution du problème les fonctions des tensions et des déformations, comme nous les avons déjà exposées [6].

Nous prenons les fonctions suivantes :

$$(1)\quad \psi_1 = \sum_0^\infty \left[F_n + G_n z - H_n z^2 - K_n \sigma\left(z^3 - \frac{3r^2 z}{2(n+2)}\right)\right] r^{n+1}\cos(n+1)\theta$$
$$+\sum_1^\infty \left[F'_n + G'_n z - H'_n z^2 - K'_n \sigma\left(z^3 - \frac{3r^2 z}{2(n+2)}\right)\right] r^{n+1}\sin(n+1)\theta.$$

$$(2)\quad \psi_2 = \sum_0^\infty \left[F_n + G_n z - H_n z^2 - K_n \sigma\left(z^3 - \frac{3r^2 z}{2(n+2)}\right)\right] r^{n+1}\sin(n+1)\theta$$
$$-\sum_1^\infty \left[F'_n + G'_n z - H'_n z^2 - K'_n \sigma\left(z^3 - \frac{3r^2 z}{2(n+2)}\right)\right] r^{n+1}\cos(n+1)\theta.$$

---

(1) Séance du 18 avril 1932.

(2) Clebsch, *Théorie de l'élasticité*, traduite par MM. B. de Saint-Venant et Flamant, 1885, p. 337.

(3) *Theory of Elasticity*, 1927, p. 465.

(4) *Trans. of Ann. Math. Soc.*, **25**, 1923, p. 343.

(5) *Ibid.*, **33**, 1931, p. 329.

(6) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1047, et *C. R. de l'Acad. des Sc. de l'U. R. S. S.*, série A, p. 231.

et

$$(3)\quad \psi_3 = \sum_{k=n}^{k=\infty}\sum_{n=0}^{n=\infty}\left(A_{kn}\,\mathrm{sh}\frac{\beta_{kn}z}{a} + B_{kn}\,\mathrm{ch}\frac{\beta_{kn}z}{a} + C_{kn}z\,\mathrm{ch}\frac{\beta_{kn}z}{a} + D_{kn}z\,\mathrm{sh}\frac{\beta_{kn}z}{a}\right)J_n\left(\frac{\beta_{kn}r}{a}\right)\cos n\theta$$
$$+\sum_{1}^{\infty}\sum_{1}^{\infty}\left(A'_{kn}\,\mathrm{sh}\frac{\beta_{kn}z}{a} + B'_{kn}\,\mathrm{ch}\frac{\beta_{kn}z}{a} + C'_{kn}z\,\mathrm{ch}\frac{\beta_{kn}z}{a} + D'_{kn}z\,\mathrm{sh}\frac{\beta_{kn}z}{a}\right)J_n\left(\frac{\beta_{kn}r}{a}\right)\sin n\theta$$
$$\times\sum_{0}^{\infty}\left\{\frac{1}{2(1-\sigma)}G_n r^2 + H_n\left[\frac{2(n+1)}{3}(1+\sigma-\sigma^2)z^3-(1-\sigma^2)r^2z\right]\right.$$
$$\left.+K_n\left[(n+1)\left(z^4-\frac{3r^2z^2}{2(n+1)}\right)+\frac{3\delta^2r^2}{8(1-\sigma)}\right]\right\}r^n\cos n\theta$$
$$+\sum_{1}^{\infty}\left\{\frac{1}{2(1-\sigma)}G'_n r^2 + H'_n\left[\frac{2(n+1)}{3}(1+\sigma-\sigma^2)z^3-(1-\sigma)r^2z\right]\right.$$
$$\left.+K'_n\left[(n+1)\left(z^4-\frac{3r^2z^2}{z(n+1)}\right)+\frac{3\delta^2r^2}{8(1-\sigma)}\right]\right\}r^n\sin n\theta.$$

J_n est la fonction de Bessel; β_{kn} la racine de k de l'équation $J_n=0$; σ le coefficient de Poisson.

Les tensions :

$$(4)\quad \widehat{zz} = -\frac{1}{a^3}\sum\sum\beta_k^3\left\{A_{kn}\,\mathrm{ch}\frac{\beta_{kn}z}{a} + B_{kn}\,\mathrm{sh}\frac{\beta_{kn}z}{a}\right.$$
$$+C_{kn}\left[z\,\mathrm{sh}\frac{\beta_{kn}z}{a} - \frac{a}{\beta_{kn}}(1-2\sigma)\,\mathrm{ch}\frac{\beta_{kn}z}{a}\right]$$
$$\left.+D_{kn}\left[z\,\mathrm{ch}\frac{\beta_{kn}z}{a} - (1-2\sigma)\frac{a}{\beta_{kn}}\,\mathrm{sh}\frac{\beta_{kn}z}{a}\right]\right\}J_n\left(\frac{\beta_{kn}r}{a}\right)\cos n\theta + \ldots \quad (^1),$$

$$(5)\quad \widehat{\theta z} = \frac{1}{a^2 r}\sum\sum n\beta_{kn}^2\left[A_{kn}\,\mathrm{sh}\frac{\beta_{kn}z}{a} + B_{kn}\,\mathrm{ch}\frac{\beta_{kn}z}{a}\right.$$
$$+C_{kn}\left(z\,\mathrm{ch}\frac{\beta_{kn}z}{a} + 2\sigma\frac{a}{\beta_{kn}}\,\mathrm{sh}\frac{\beta_{kn}z}{a}\right)$$
$$\left.+D_{kn}\left(z\,\mathrm{sh}\frac{\beta_{kn}z}{a} + 2\sigma\frac{a}{\beta_{kn}}\,\mathrm{ch}\frac{\beta_{kn}z}{a}\right)\right]J_n\left(\frac{\beta_{kn}r}{a}\right)\sin n\theta$$
$$+\frac{3}{4}(\delta^2-4z^2)\sum n(-K_n\sin n\theta + K'_n\cos n\theta)r^{n-1}\quad (^1).$$

Les coefficients A_{kn}, B_{kn}, ..., A'_{kn}, B'_{kn}, ... se déterminent par les conditions suivantes :

si $z=-\frac{1}{2}\delta$, $\widehat{zz}=-p$; si $z=\frac{1}{2}\delta$, $\widehat{zz}=-q$; si $z=\pm\frac{1}{2}\delta$, $\widehat{\theta z}=\widehat{rz}=0$

(la condition $\widehat{rz}=0$ si $z=\pm 1/2\,\delta$ donne aussi $\widehat{\theta z}=0$ lorsque $z=\pm 1/2\,\delta$).

---

(1) Nous omettons les termes contenant les coefficients A'_n, B'_n, C'_n et D'_n.

Nous décomposons p et q en séries :

$$p=\sum_1^\infty\sum_0^\infty \gamma_{kn}J_n\left(\frac{\beta_{kn}r}{a}\right)\cos n\theta+\sum_1^\infty\sum_1^\infty \gamma'_{kn}J_n\left(\frac{\beta_{kn}r}{a}\right)\sin n\theta,$$

$$q=\sum_1^\infty\sum_0^\infty \varepsilon_{kn}J_n\left(\frac{\beta_{kn}r}{a}\right)\cos n\theta+\sum_1^\infty\sum_1^\infty \varepsilon'_{kn}J_n\left(\frac{\beta_{kn}r}{a}\right)\sin n\theta,$$

où

$$\gamma_{k0}=\frac{1}{\pi J_1^2(\beta_{k0})}\int\int pJ_0\left(\frac{\beta_{k0}r}{a}\right)r\,dr\,d\theta;\qquad \gamma_{kn}=\frac{2}{\pi J_{n+1}^2(\beta_{kn})}\int\int pJ_n\left(\frac{\beta_{kn}r}{a}\right)\cos n\theta\,r\,dr\,d\theta.$$

D'une manière analogue on détermine aussi les coefficients γ'_{kn} et ε'_{kn}.

Les conditions de la surface de la plaque fournissent 4 équations, contenant 4 coefficients, A_{kn}, B_{kn}, C_{kn} et D_{kn}.

On détermine les coefficients F_n, G_n, H_n, K_n, ... d'après les conditions du contour.

Dans le cas d'une plaque librement appuyée, si $r=a$,

$$\int_{-\frac{1}{2}\delta}^{+\frac{1}{2}\delta}\widehat{rr}\,dz=0,\qquad \int_{-\frac{1}{2}\delta}^{+\frac{1}{2}\delta}\widehat{rr}\,z\,dz=0,\qquad \int_{-\frac{1}{2}\delta}^{+\frac{1}{2}\delta}\widehat{r\theta}\,dz=0,$$

$$\text{et } w=0 \text{ lorsque } r=a \text{ et } z=c\qquad \left(-\frac{1}{2}\delta\leqq c\leqq\frac{1}{2}\delta\right).$$

Si le bord ($r=a$) est encastré,

$$\int_{-\frac{1}{2}\delta}^{+\frac{1}{2}\delta}\widehat{rr}\,dz=0,\qquad \int_{-\frac{1}{2}\delta}^{+\frac{1}{2}\delta}\widehat{r\theta}\,dz=0,\qquad \text{lorsque } r=a;$$

$$w=0\quad\text{et}\quad\frac{\partial w}{\partial r}=0,\qquad\text{si}\quad r=a\quad\text{et}\quad z=c\ (c=\text{const.}).$$

Le poids propre n'est pas introduit, mais il n'est pas difficile de le faire.

Pour une plaque en forme de secteur circulaire plein à angle central 2α, librement appuyée aux bords $\theta=\pm\alpha$, nous prenons

$$(6)\quad \psi_1=\sum_1^\infty\left[F_n+G_nz-H_nz^2-K_n\sigma\left(z^3-\frac{3\alpha zr^2}{n\pi+4\alpha}\right)\right]r^{\frac{n\pi+2\alpha}{2\alpha}}\sin\frac{n\pi\alpha+(n\pi+3\alpha)\theta}{2\alpha},$$

$$(7)\quad \psi_2=-\sum_1^\infty\left[F_n+G_nz-H_nz^2-K_n\sigma\left(z^3-\frac{3\alpha zr^2}{n\pi+4\alpha}\right)\right]r^{\frac{n\pi+2\alpha}{2\alpha}}\cos\frac{n\pi\alpha+(n\pi+2\alpha)\theta}{2\alpha},$$

et

$$(8)\quad \psi_3 = \sum_1^\infty \sum_1^\infty \left(A_{kn} \operatorname{sh} \frac{\beta_{kn} z}{a} + B_{kn} \operatorname{ch} \frac{\beta_{kn} z}{a} + C_{kn} z \operatorname{ch} \frac{\beta_{kn} z}{a} + D_{kn} z \operatorname{sh} \frac{\beta_{kn} z}{a} \right) J_{\frac{n\pi}{2\alpha}} \left(\frac{\beta_{kn} r}{a} \right) \sin \frac{n\pi(\alpha + \theta)}{2\alpha}$$

$$+ \sum_1^\infty \left\{ \frac{1}{2(1-\sigma)} G_n r^2 + H_n \left[\frac{n\pi + 2\alpha}{3\alpha} (1 + \sigma - \sigma^2) z^3 - (1 - \sigma^2) z r^2 \right] \right.$$

$$\left. + K_n \left[\frac{n\pi + 2\alpha}{2\alpha} \left(z^4 - \frac{2\alpha z^2 r^2}{n\pi + 2\alpha} \right) + \frac{3\,\partial^2 r^2}{8(1-\sigma)} \right] \right\} r^{\frac{n\pi}{2\alpha}} \sin \frac{n\pi(\alpha + \theta)}{2\alpha}.$$

Il est possible d'appliquer cette solution à la plaque à ouverture et à la plaque en forme de secteur incomplet (en forme de rectangle circulaire). Dans ce cas-là, dans l'expression de la fonction ψ_3 entreront, outre des termes contenant J_p, les termes contenant J_{-p} ou Y_p (fonctions de Bessel du second ordre); de plus, les trois fonctions ψ contiendront r aussi à un degré négatif (n varie dans les limites de $-\infty$ à $+\infty$).

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la stabilité des mouvements de Couette des liquides visqueux.* Note [1] de M. **Alfred Rosenblatt.**

1. J'ai traité récemment les perturbations d'un fluide visqueux entre deux cylindres coaxiaux initialement *en repos*. Je passe maintenant au cas du mouvement de Couette *général* $\varphi_0 = Ar + B/r$. Dans ce cas on obtient, pour déterminer les $f_k(r)$, des *équations intégrales* du type suivant

$$(1)\qquad f_k(r) + \int_{r_1}^{r} f_k(\sigma) K_k(r, \sigma)\, d\sigma = u_k(r),$$

donc du type de M. Volterra, où toutefois $u_k(r)$ contient linéairement une intégrale définie contenant $f_k(r)$. On a

$$(2)\qquad K_k(r, \sigma) = \frac{2\lambda A}{\mu} \int_\sigma^r \varphi_0(\tau) [I_1(\tau g_k) Y_1(r_2 g_k) - I_1(r_2 g_k) Y_1(\tau g_k) + I_1(r_2 k\lambda) Y_2(\tau k\lambda) - I_1(\tau k\lambda) Y_1(r_2 k\lambda)] \times [I_k(\sigma g_k) Y_k(\tau g_k) - I_k(\tau g_k) Y_k(\sigma g_k)]\, d\tau.$$

Soit $S_k(r, \sigma)$ le *noyau résolvant* de (1). On a l'expression

$$(3)\qquad f_k(r) = u_k(r) + \int_{r_1}^{r} S_k(r, \rho)\, u_k(\rho)\, d\rho$$

---

[1] Séance du 18 avril 1932.

qui se transforme en une équation de Fredholm

$$(4)\qquad f_k(r)+\int_{r_1}^{r_2} K'_k(r,\sigma)f_k(\sigma)\,d\sigma=u'_k(r).$$

Le *noyau* de cette équation est de la forme

$$(5)\qquad K'_k(r,\sigma)=\sum_1^3 a_{k,i}(r)\,b_{k,i}(\sigma),$$

donc il est du type des noyaux de M. Goursat. Posons

$$(6)\qquad K_{ki}=\int_{r_1}^{r_2} f_k(\sigma)\,b_{ki}(\sigma)\,d\sigma,$$

$$(7)\qquad \alpha_{ij}=\int_{r_1}^{r_2} a_{kj}(\sigma)\,b_{ki}(\sigma)\,d\sigma,$$

$$(8)\qquad \gamma_i=\int_{r_1}^{r_2} u'_k(\sigma)\,b_{ki}(\sigma)\,d\sigma;$$

on a, pour déterminer les K_{ki}, le système linéaire

$$(9)\qquad K_{ki}+\sum_1^3 \alpha_{ij}K_{kj}=\gamma_i \qquad (i=1,2,3),$$

et $f_k(r)$ est donné par la formule

$$(10)\qquad f_k(r)=u'_k(r)-\sum_1^3 a_{ki}(r)\,K_{ki}.$$

2. Désignons par d_k le déterminant des coefficients des K_{ki} dans les équations (9), et supposons :

1° $(r_2-r_1)\lambda$ est multiple pair de π;

2° $A=(r_2-r_1)\mu/2\lambda\nu$ n'est pas multiple de $\pi/2$;

3° On a l'équation entre λ, μ

$$(11)\qquad d_1=0,$$

tandis que les d_k, $k>1$ sont différents de zéro. Ils tendent vers 1 lorsque k augmente indéfiniment.

On démontre alors que les noyaux $K_k(r,\sigma)$ et $S_k(r,\sigma)$ sont de l'ordre de $1/k$, donc $f_k(r)$ est d'ordre de $u_k(r)$ et de l'ordre de $u'_k(r)$. Il en résulte

qu'en déterminant encore les nombres positifs Φ_k par la relation récurrente

$$(12) \qquad \Phi_k = M \sum_{\substack{l+m=k \\ l,m=1,\ldots,k-1}} \Phi_l \Phi_m,$$

on obtient la même majorante qu'auparavant de φ, à savoir :

$$(13) \qquad S_1 = \frac{1}{2M} \sum_{1}^{\infty} (-1)^{k-1} \varepsilon^k \binom{\frac{1}{2}}{lc} (4\varepsilon_1 \Phi_1 M)^k.$$

On a donc ici *une équation unique* pour μ, λ étant choisi d'après 1°. Il serait intéressant de comparer ces résultats avec ceux de M. Taylor concernant la première approximation.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le calcul rationnel des courroies.* Note de M. R. **Swyngedauw**, présentée par M. Émile Jouguet.

On calcule aujourd'hui les courroies dans l'hypothèse d'un coefficient de frottement constant indépendant de la vitesse de glissement; suivant les usines, on donne à ce coefficient de frottement des valeurs très différentes variant du simple au double; malgré ces divergences, la concurrence économique oblige à trouver pour les courroies des dimensions voisines. On atteint ce résultat paradoxal en supposant à la tension du brin tendu des valeurs arbitraires qui sont parfois très éloignées des tensions réelles. Cette constatation seule démontre combien l'empirisme règne encore en maître dans ce domaine.

MM. Auclair et Boyer-Guillon ont indiqué une méthode plus scientifique en tenant compte de la grande variation du coefficient de frottement avec la vitesse de glissement sur la poulie ([1]); mais cette méthode, outre sa complication, ne tient pas compte du renforcement de la tension dans la zone critique et des autres propriétés que notre étude stroboscopique des courroies a révélées depuis.

Nous sommes à même à présent de faire connaître une méthode simple et rationnelle de calcul qui se justifie jusque dans les particularités de

([1]) *Bulletin du Conservatoire des Arts et Métiers*, 21, Paris, 1924, Béranger, éditeur.

fonctionnement de chaque espèce de courroie. Elle est fondée sur les principes suivants :

1° Lorsque la tension du brin mou est supérieure à la force centrifuge, c'est sur la poulie menante que la courroie commence par glisser : c'est le couple maximum transmis sans glisser par cette poulie qu'il convient de calculer.

2° Étant donné que la courroie freine la poulie même si elle est menante, dans la zone critique d'enroulement (qui s'étend sur un angle d'environ 15° pour les poulies de 200mm) si A désigne l'angle réel de contact de la courroie et de la poulie, et α_c l'angle critique, la poulie n'est motrice que dans l'angle $A - \alpha_c$. Si R est le rayon de la poulie menante, le couple-frein dans l'angle critique est :

$$K(T_c - T_0) = RkT_0,$$

T_c et T_0 étant respectivement les tensions de la courroie sur l'azimut critique et dans le brin tendu avant qu'il ne s'enroule, k étant le coefficient de renforcement de la tension (¹). Ce coefficient k peut se calculer comme il a été dit antérieurement [*Mémoires de la Soc. des Ing. civ. de France* (Bulletin mars-avril 1931, p. 372)].

3° Dans l'angle $A - \alpha_c$, la tension de la courroie va en décroissant de T_c, sa valeur sur l'azimut critique, jusqu'à t, tension du brin mou qu'elle atteint en quittant la poulie.

a. La méthode stroboscopique a montré que le long de la poulie entre les azimuts critiques d'enroulement et de déroulement (azimut 15° et 165°) pour une courroie tendue entre poulies égales de 200mm de diamètre, la vitesse croît proportionnellement à l'angle parcouru par l'élément de courroie à partir de l'azimut critique d'enroulement (²) et que le glissement de la courroie lorsqu'elle quitte la poulie est sensiblement égal au *glissement des brins*, lequel atteint à peine 4 à 5/1000e.

b. Le coefficient de frottement croît suivant une loi sensiblement proportionnelle à la vitesse de glissement aussi longtemps que la vitesse reste inférieure à 15 à 20 cm/sec, de sorte que l'on peut dire que le long de l'arc $A - \alpha_c$ le coefficient de frottement croît linéairement avec l'angle α décrit par l'élément de courroie et varie ainsi entre la valeur f_0 du coefficient de frottement au repos sur l'azimut critique et le coefficient f' correspondant

(¹) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1316.
(²) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 43.

à la vitesse de glissement $v = 2\pi RNg$, N nombre de tours de la poulie par seconde, g le glissement des brins évalué approximativement par la relation $g = \frac{L - L'}{L}$, L étant la longueur de la courroie à la tension du brin menant, L′ sa longueur à la tension du brin mené.

4° Lorsque le couple est supérieur au couple maximum que la poulie menante transmet sans glisser sur l'azimut critique, le patinage commence et l'on peut calculer par une méthode analogue le couple maximum transmis dans le patinage.

En opérant ainsi pour un certain nombre de courroies en cuir et en tissu, nous avons vérifié que les couples maximum transmis sans glissement d'ensemble et dans le patinage étaient sensiblement égaux à ceux qu'on avait calculés.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Extension d'un théorème de Stokes, relatif aux astres fluides.* Note de M. **R. Wavre**, présentée par M. Hadamard.

Envisageons un fluide parfait animé d'un mouvement quelconque et soumis à l'influence des attractions newtoniennes de ses propres particules. Pour simplifier, nous l'appellerons *astre* ou *étoile*.

Les trois premières équations de l'hydro-dynamique s'écrivent, avec les notations habituelles,

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial U}{\partial x} - \gamma_x, \qquad \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} = \frac{\partial U}{\partial y} - \gamma_y, \qquad \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\partial U}{\partial z} - \gamma_z,$$

U étant le potentiel newtonien relatif à l'astre lui-même. On en déduit

$$\frac{dp}{\rho} = dU - \gamma_x\,dx - \gamma_y\,dy - \gamma_z\,dz.$$

Si le déplacement d est pris sur la surface libre S telle qu'elle existe à l'instant t, on aura, cette surface étant supposée à pression constante ou nulle, $dp = 0$, d'où

$$dU = \gamma_x\,dx + \gamma_y\,dy + \gamma_z\,dz.$$

Intégrons le long d'une ligne de S depuis un point M_0 fixe à un point variable M et posons pour simplifier

$$U(M_0) = K \qquad \text{et} \qquad \Gamma = \int_{M_0}^{M} \gamma_x\,dx + \gamma_y\,dy + \gamma_z\,dz;$$

on trouve, sur S,

$$U = K + \Gamma. \tag{1}$$

La fonction Γ est indépendante des différents chemins tracés sur la surface libre, puisque le potentiel newtonien est une fonction uniforme. Ce dernier s'exprime d'ailleurs ainsi à l'extérieur de l'astre

$$U = \frac{1}{4\pi}\int \frac{1}{r}\frac{dU}{dn}dS - \frac{1}{4\pi}\int U \frac{d\frac{1}{r}}{dn}dS, \tag{2}$$

et la masse totale est donnée par la relation bien connue

$$M = \frac{1}{4\pi}\int \frac{dU}{dn}dS. \tag{3}$$

Si l'on remplace, dans le dernier terme de (2), U par sa valeur (1), l'intégrale portant sur K disparaît quel que soit K, et il reste

$$U = \frac{1}{4\pi}\int \frac{1}{r}\frac{dU}{dn}dS - \frac{1}{4\pi}\int \Gamma \frac{d\frac{1}{r}}{dn}dS. \tag{4}$$

Si le point potentié tend vers la surface S, nous aurons, à la limite,

$$K + \Gamma = \frac{1}{4\pi}\int \frac{1}{r}\frac{dU}{dn}dS - \lim \frac{1}{4\pi}\int \Gamma \frac{d\frac{1}{r}}{dn}dS. \tag{5}$$

S'il existait deux répartitions possibles U′ et U″ de U à l'extérieur, correspondant aux mêmes accélérations superficielles, on aurait, par (5) et (3),

$$K' - K'' = \frac{1}{4\pi}\int \frac{1}{r}\left(\frac{dU'}{dn} - \frac{dU''}{dn}\right)dS, \tag{6}$$

$$M' - M'' = \frac{1}{4\pi}\int \left(\frac{dU'}{dn} - \frac{dU''}{dn}\right)dS. \tag{7}$$

La relation (6), vraie sur S, le serait encore dans l'étoile, puisque les deux membres y seraient harmoniques. Il s'agirait alors d'une charge électrique en équilibre à la surface d'un conducteur. La densité de cette charge ne saurait changer de signe et actuellement la masse totale en serait nulle, si la quantité M est supposée connue. La charge serait nulle partout. La formule (4) fournit donc le potentiel à l'extérieur d'une manière unique à partir de S, de M et des accélérations des particules de S.

A. *Le potentiel newtonien dû à un astre fluide est entièrement déterminé à l'extérieur par la connaissance de la surface libre de la masse totale et des accélérations superficielles.* Symboliquement

$$U = F\{S, M, \gamma_S\},$$

γ_S représente les composantes tangentielles des accélérations des particules de S.

B. *Si la masse totale n'est pas connue, le potentiel à l'extérieur est déterminé par la surface libre et les accélérations superficielles à un potentiel près, ce dernier étant créé par une couche en équilibre sur la surface libre.* Cela ne signifie toutefois pas que l'on puisse modifier M sans modifier S ou les γ_S.

C. *Les deux propositions précédentes subsistent si l'astre est soumis à l'action newtonienne de corps étrangers.*

En effet, il suffira de poser $U = U_1 + U_2$; U_1 étant le potentiel de l'étoile et U_2 le potentiel des corps perturbateurs, ou en général d'un champ de force extérieur et harmonique dans l'étoile primitive.

Seuls, les premiers membres de (2), (4) et de (5) subissent une transformation et s'écrivent

$$U_1 \quad \text{pour (2) et (4)} \qquad \text{et} \qquad K + \Gamma - U_2 \quad \text{pour (5)}.$$

Les raisonnements précédents restent valables, on s'en assure facilement.

Dans le cas particulier des figures d'équilibre relatif, les accélérations ne dépendent que de la vitesse angulaire ω libre et le théorème A se réduit à celui de Stokes et de Poincaré

$$U = F(S, M, \omega).$$

Pour les rotations permanentes, la vitesse angulaire pourrait varier d'un parallèle à un autre mais elle détermine toujours entièrement les accélérations et l'on retrouverait ainsi les premières extensions que M. Dive et moi-même avons données du théorème classique.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le rayon de convergence des séries dans le problème de deux corps, traité par la méthode de Levi-Civita.* Note (¹) de M. **D. Belorizky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Écrivons les équations du mouvement des deux corps, attirés suivant la loi de Newton, sous la forme canonique

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\partial F}{\partial p}, \qquad \frac{dp}{dt} = -\frac{\partial F}{\partial x},$$
$$\frac{dy}{dt} = \frac{\partial F}{\partial q}, \qquad \frac{dq}{dt} = -\frac{\partial F}{\partial y}$$

(¹) Séance du 18 avril 1931.

avec

$$F = \frac{1}{2}(p^2 + q^2) - \frac{f\mu}{r} = h.$$

En appliquant successivement les transformations de Darboux-Sundman et de Levi-Civita,

$$dt = r\,du,$$

$$x = \omega^2\xi_1 - \omega_1 \Sigma \omega_i \xi_i, \qquad \frac{dx}{dt} = p = \frac{\omega_1}{\omega^2} \qquad \text{d'où} \qquad r = \omega^2\xi, \qquad \xi = r(p^2 + q^2),$$

$$y = \omega^2\xi_2 - \omega_2 \Sigma \omega_i \xi_i, \qquad \frac{dy}{dt} = q = \frac{\omega_2}{\omega^2} \qquad (\xi^2 = \Sigma\xi_i^2,\ \omega^2 = \Sigma\omega_i^2) \qquad (i = 1, 2),$$

et, en prenant comme nouvelle fonction de force, h étant fixe,

$$F' = r(F - h) = \frac{1}{2}\xi - f\mu - h\omega^2\xi = 0,$$

on obtient les équations canoniques transformées

$$\frac{d\xi_i}{du} = \frac{\partial F'}{\partial \omega_i}, \qquad \frac{d\omega_i}{du} = -\frac{\partial F'}{\partial \xi_i},$$

ou, en développant,

$$\frac{d\xi_i}{du} = -2h\xi\omega_i, \qquad \frac{d\omega_i}{du} = -\frac{1}{2}\frac{\xi_i}{\xi}(1 - 2h\omega^2) \qquad (i = 1, 2).$$

Pour $r = 0$, $\xi = 2f\mu \neq 0$, $\omega = 0$ et les équations transformées ne présentent aucune singularité pour $r = 0$. Mais les seconds membres de ces équations cessent d'être holomorphes quand $V^2 = p^2 + q^2$ devient égal à o. En effet, si $V = 0$, $\xi = rV^2 = 0$, r étant différent de zéro (cas pour $r = 0$, $\xi = 2f\mu$) et ω devient infini.

Par conséquent, les développements des intégrales en séries suivant les puissances de $u - u_0$ (u_0 étant la valeur initiale) ne seront valables qu'à l'intérieur du cercle décrit autour de u_0 et passant par le premier point singulier u_s pour lequel V devient égal à o. Montrons que de tels points existent. Écrivons le théorème de forces vives sous la forme :

$$\xi = V^2 r = f\mu\left(2 - \frac{r}{a}\right) \qquad \text{pour le mouvement elliptique;}$$

$$\xi = V^2 r = 2f\mu \qquad \text{pour le mouvement parabolique;}$$

$$\xi = V^2 r = f\mu\left(2 + \frac{r}{a}\right) \qquad \text{pour le mouvement hyperbolique.}$$

Considérons maintenant le mouvement elliptique.

Si $V = 0$, on a

$$r = 2a = a(1 - \varepsilon \cos M),$$

ε étant l'excentricité ($\varepsilon < 1$), M l'anomalie excentrique; d'où

$$\cos \mathrm{M} = -\frac{1}{\varepsilon}.$$

En posant $\mathrm{M} = \alpha + \beta i$, on trouve

$$\sin\alpha\,\frac{e^{\beta} - e^{-\beta}}{2} = 0, \qquad \cos\alpha\,\frac{e^{\beta} + e^{-\beta}}{2} = -\frac{1}{\varepsilon},$$

d'où

$$\alpha = \pm(2k + 1)\pi, \qquad \beta = \pm\log\left(\frac{1}{\varepsilon} + \sqrt{\frac{1}{\varepsilon^2} - 1}\right).$$

Ainsi, en appelant M_s les affixes des points M pour lesquels V s'annule, on a

$$\mathrm{M}_s = \pm(2k + 1)\pi \pm i\log\left(\frac{1}{\varepsilon} + \sqrt{\frac{1}{\varepsilon^2} - 1}\right).$$

Remarquons que $d\mathrm{M}/du = an$, donc $(u - u_0)an = \mathrm{M}$. On voit que, ε étant donné, le rayon de convergence des séries en u sera [si $(2k + 1)\pi$ est le plus proche de nau_0 des points α],

$$\mathrm{R} = \frac{1}{na}\sqrt{[(2k + 1)\pi - nau_0]^2 + \log^2\left(\frac{1}{\varepsilon} + \sqrt{\frac{1}{\varepsilon^2} - 1}\right)}.$$

et le maximum de rayon de convergence est

$$\mathrm{R}_m = \frac{1}{na}\sqrt{\pi^2 + \log^2\left(\frac{1}{\varepsilon} + \sqrt{\frac{1}{\varepsilon^2} - 1}\right)}.$$

Dans le mouvement parabolique, il n'y a pas de points où la vitesse s'annule à distance finie. D'ailleurs dans ce cas

$$\xi_1 = \text{const.}, \qquad \xi_2 = \text{const.}, \qquad \omega_1 = a_1 u + b_1, \qquad \omega_2 = a_2 u + b_2.$$

Si l'on considère le mouvement hyperbolique, on trouve

$$\mathrm{M}'_s = i\left[\arccos\left(-\frac{1}{\varepsilon}\right) \pm 2k\pi\right].$$

les points pour lesquels $\mathrm{V} = 0$ sont purement imaginaires et le rayon de convergence des séries sera

$$\mathrm{R} = \frac{1}{na}\sqrt{n^2a^2u_0^2 + \arccos^2\left(\frac{1}{\varepsilon}\right)}.$$

On voit bien que les points où $\mathrm{V} = 0$ limitent la convergence des séries.

Les raisonnements ci-dessus s'appliquent aussi au problème des trois corps, quand on y fait les transformations indiquées plus haut. Ces transformations régularisent complètement le mouvement au voisinage des chocs réels et imaginaires, *mais créent de nouvelles singularités, à savoir, les points où la vitesse absolue d'un des corps qui se choquent s'annule*. Telle est la raison pour laquelle, si l'on cherche les rayons de convergence des séries dans le problème des trois corps par le calcul des limites de Cauchy (quand on applique les transformations précédentes), on trouve des rayons très faibles.

ASTRONOMIE. — *Sur la répartition des vitesses résiduelles des étoiles du type* B. Note de M. **P. Guintini**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Nous avons utilisé les composantes galactiques X, Y, Z des vitesses de 712 étoiles B pour étudier la répartition des vitesses résiduelles de ces étoiles. On appelait primitivement vitesse résiduelle d'une étoile la différence entre sa vitesse par rapport au Soleil et la vitesse de l'ensemble des étoiles. Cette vitesse d'ensemble était une constante indépendante de la position de l'étoile. Ainsi qu'il a été établi dans trois Notes récentes (1), la vitesse d'ensemble des étoiles dépend de leur position dans l'espace et varie systématiquement avec celle-ci. Pour cette raison, nous appelons maintenant vitesse résiduelle d'une étoile la différence entre sa vitesse par rapport au Soleil et la vitesse moyenne de la région à laquelle appartient l'étoile.

2. Nous avons calculé les vitesses résiduelles ainsi définies de 712 étoiles B dont nous avons signalé par ailleurs le calcul des vitesses spatiales et nous avons déterminé, par la méthode classique des moments, les axes de la répartition ellipsoïdale qui représente le mieux la distribution de ces vitesses.

	Longitude galactique.	Latitude galactique.	Longueur en km/sec.
Grand axe	249°	−17°	12,8
Axe moyen	345	+19	12,6
Petit axe	300	+64	10,7

D'après ce résultat, la figure des vitesses des étoiles B ne montre pas d'allongement dans la direction des vertex et est peu aplatie aux pôles.

(1) H. Mineur, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 222; P. Guintini, *Comptes rendus*, 193, 1931. p. 225; H. Mineur et P. Guintini, *Comptes rendus*, 194. 1932, p. 61.

3. Nous avons calculé la vitesse résiduelle V*r* de chacune des étoiles et, classant celles-ci en divers intervalles de V*r*, nous avons déterminé la position de l'apex pour chacune des catégories ainsi formées :

Vitesse résiduelle.	Nombre d'étoiles.	Vitesse du Soleil : composantes galactiques. X.	Y.	Z.
De 0 à 5,7	50	16,8	7,1	6,1
5,7 10,0	100	16,4	7,5	5,6
10,0 12,6	100	16,1	8,1	5,6
12,6 15,5	100	16,1	7,2	4,9
15,5 19,4	100	17,9	6,0	5,4
19,4 25,0	100	20,9	6,9	8,5
25,0 35,7	100	12,1	8,7	7,9
De 35,7 à 52,0	50	18,2	1,1	10,2

On voit que la vitesse d'ensemble des étoiles B ne varie pas systématiquement avec V*r* et en particulier qu'aucune apparence du courant asymétrique de Strömberg ne se manifeste pour ces astres. Il importe de noter que les vitesses étudiées V*r* sont inférieures à 50 km/sec.

4. Nous avons cherché si la vitesse résiduelle moyenne $\overline{V}r$ dépend de la région de l'espace étudiée. Le tableau ci-dessous montre la valeur de V*r* dans divers carrés du plan galactique.

y. *x*	−300.	−200.	−100.	0.	+100.	+200.	+300.
+300				24,6		20,2	
+200			21,2		19,3		
+100	17,0	18,2	14,6	16,4	15,3		
0		16,0	14,8	16,9	15,2	18,1	
−100	25,2	23,2	17,6	17,5	16,7		
−200		27,6	21,6	23,3	23,0	26,4	
−300		28,0	28,2			31,2	

Il ne semble donc pas y avoir de variation systématique de $\overline{V}r$ avec la position de la région considérée dans le plan galactique.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la courbe d'énergie de l'étoile* P Cygni. Note [1] de M. J. Dufay, présentée par M. Ch. Fabry.

I. On attribue une température de couleur relativement basse à beaucoup d'étoiles à raies brillantes de la classe B. Parmi celles-ci, l'une des plus remarquables est l'étoile *P Cygni*, dont le spectre, rattaché au type BI, s'apparente à celui des novæ et montre les raies d'émission de l'hydrogène de H_α à H_ε.

J'ai cherché à déterminer sa température de couleur d'après l'ensemble des mesures spectrophotométriques et colorimétriques dont on dispose actuellement. Le tableau ci-dessous résume les résultats de la discussion qui sera publiée ailleurs en détail.

Les longueurs d'onde λ_1 et λ_2, inscrites dans la première colonne, sont les limites approximatives de l'intervalle spectral étudié, lorsqu'il est unique, ou bien les longueurs d'onde efficaces des deux régions utilisées dans la mesure d'un indice de couleur. Les températures T de la quatrième colonne ont été évaluées en attribuant une température de 10000° K aux étoiles du type A_0. Elles sont rangées suivant les valeurs croissantes de $\lambda_m = (\lambda_1 + \lambda_2)/2$.

$\lambda_1 - \lambda_2$.	λ_m.	Sources.	T.	λ_mT.
μ μ 0,37-0,48...	μ 0,425	Longueur d'onde efficace [Lindblad [2]]	°K 8300	3527
0,40-0,48...	0,44	Mesures spectrophotométriques [Gerasimovic [3], Yü [4]]	7130	3137
0,43-0,53...	0,48	Indice de couleur [Harvard [2], Leyde-Potsdam [5]]	6350	3048
0,38-0,65...	0,515	Mesures spectrophométriques [Gerasimovic [6]]	5700	2936
0,45-0,60...	0,525	Observations visuelles [Osthoff, Krüger, Lau, Potsdam [5]]	5940	3118

A mesure que la longueur d'onde moyenne λ_m croît, la température de cou-

---

(1) Séance du 18 avril 1932.

(2) E. Hertzsprung, *Annalen van de Sterrenwacht te Leiden*, 14, 1re partie, 1922, p. 37.

(3) B. P. Gerasimovic, *Harvard College Observatory Bulletin* 857, 1928, p. 14.

(4) Ch'ing-Sung Yü, *Lick Observatory Bulletin* 422, 15, 1930, p. 1.

(5) E. Hertzsprung, *Bulletin of the Astronomical Institute of the Netherlands*, 1, 1923, p. 201.

(6) B. P. Gerasimovic, *Harvard College Observatory Circular* 339, 1929.

leur semble décroître. Malgré l'incertitude de certaines données, il est difficile de ne pas tenir le fait pour réel. La courbe d'énergie de *P Cygni* ne serait donc pas celle d'un corps noir.

II. On peut envisager, conformément aux idées de Jules Baillaud ([1]), l'émission, dans l'atmosphère de l'étoile, d'un spectre continu d'origine atomique. La répartition de l'énergie paraît sensiblement uniforme de 0,2 à $0,6^{\mu}$ dans le spectre continu des gaz simples (H, He, O, N) étudié par Hulburt ([2]). D'après lui, les conditions favorables à la production de ce spectre pourraient se trouver réalisées dans certaines étoiles.

En cherchant à assimiler un tel rayonnement à celui d'un corps noir, on trouverait une température de couleur T, telle que l'énergie rayonnée par le corps noir soit maximum pour une longueur d'onde λ_M voisine de λ_m, mais un peu plus courte, par suite de la dissymétrie des courbes de Planck. Si l'on pose

$$\lambda_m = \lambda_M + \varepsilon \qquad (\varepsilon \text{ petit par rapport à } \lambda_M),$$

la loi de Wien permet d'écrire

$$\lambda_m T = 2886 + \varepsilon T \text{ micron-degré.}$$

Le terme εT varie lentement avec λ_m, et, dans le cas de *P Cygni*, resterait de l'ordre de 100 micron-degré. Si la répartition de l'énergie était uniforme dans le spectre de cette étoile, le produit $\lambda_m T$ serait donc à peu près constant et voisin de 3000 micron-degré.

C'est ce que vérifient sensiblement les nombres inscrits dans la dernière colonne du tableau précédent. La mesure de Lindblad conduit seule à un écart assez grand, mais en sens inverse de celui que donnerait un corps noir à température définie.

III. Il convient d'examiner à part les mesures spectrophotométriques de Gerasimovic, qui sont les plus précises. Si *P Cygni* rayonnait comme un corps noir à la température T, la courbe obtenue en portant en abscisses les nombres d'ondes, en ordonnées les différences de magnitude entre *P Cygni* et une étoile du type A_0 (supposée identique à un corps noir à 10000° K), serait presque rigoureusement rectiligne. Pour l'intervalle 3970-4860 Å, Gerasimovic a tracé une droite dont la pente correspond à T = 7700° K, puis, à l'aide de nouvelles mesures étendues jusque

---

([1]) J. Baillaud, *Bulletin astronomique de l'Observatoire de Paris*, 2e série, Mémoires, 4, 1924, p. 275.

([2]) E. O. Hulburt, *The Physical Review*, 2e série, 36, 1930, p. 13.

vers 6500 Å, une droite de pente différente, correspondant à $T = 5700^\circ$ K.

Entre 0,4 et $0^\mu,55$, la courbe construite en supposant l'énergie répartie d'une manière uniforme ne s'écarte que de quelques centièmes de magnitude de la seconde droite de Gerasimovic. Elle passe également bien au milieu des points qui figurent ses premières observations. Enfin, pour les longueurs d'onde inférieures à $0^\mu,38$, *cette courbe rend compte de la grande intensité du spectre ultraviolet*, notée par Yü ([1]).

L'hypothèse envisagée s'accorde ainsi beaucoup mieux que celle du corps noir avec l'ensemble des faits connus; des mesures étendues plus loin dans le rouge et surtout dans l'ultraviolet permettraient de la soumettre à un contrôle décisif.

IV. Il sera peut-être possible d'expliquer d'une manière analogue la couleur anormale d'un certain nombre d'étoiles de la classe B, dont le spectre, intense à la fois dans le jaune et dans l'ultraviolet, ne paraît pas assimilable à celui d'un corps noir.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolution du problème dynamique de l'élasticité.* Note de M. **Ch. H. Müntz**, présentée par M. Hadamard.

1. Dans le problème dynamique le plus général de l'élasticité des corps homogènes et isotropes, il s'agit des vibrations des domaines à deux ou trois dimensions, de connexion quelconque, étant donnés le régime initial et les conditions, en général dépendantes du temps, soit des déplacements, soit des tensions aux frontières, les forces des masses pouvant toujours être réduites à zéro. Pour la résolution, on peut se servir avec succès de la méthode des couches élastiques simples et doubles, et il suffit alors de donner la loi de l'effet d'un *élément dirigé* d'une telle couche, posé sur la frontière en question. C'est pour cela que nous nous bornons ici aux vibrations du demi-plan et du demi-espace.

2. Dans tous les cas, on peut sans difficulté, en complétant le domaine donné au plan ou à l'espace entier et en se servant des formules classiques de Poisson-Parseval, ramener le problème au cas du régime initial correspondant au repos; seulement les conditions aux frontières en seront changées

---

([1]) Ch'ing-Sung Yü, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 39, 1927, p. 112. Il est à remarquer que le spectre d'émission continu de l'hydrogène n'apparaît pas vers la limite de la série de Balmer.

d'une manière convenable. En commençant par le demi-plan avec déplacements connus sur l'axe des x, supposons ces conditions continues ainsi que leurs dérivées du premier et du second ordre; soient Φ le potentiel scalaire, Ψ le potentiel vectoriel du déplacement élastique s; on aura

$$(1)\quad \begin{cases} s = \operatorname{grad}\Phi + \operatorname{rot}\Psi, \\ a^2\,\Delta\Phi = \Phi_{tt}, \qquad b^2\,\Delta\Psi = \Psi_{tt}, \qquad a^2 > 2b^2 > 0. \end{cases}$$

Posons maintenant, l'état initial pour Φ et Ψ devant aussi se réduire à zéro,

$$(2)\quad \begin{cases} \Phi = -\dfrac{a}{\pi}\displaystyle\int_0^{t-\frac{y}{a}} d\tau \int_0^{\pi} \varphi(\xi, t)\, d\theta, \\ \xi = x + \sqrt{a^2(t-\tau)^2 - y^2}\cos\theta, \end{cases}$$

et de même pour Ψ, avec une couche $\Psi(\xi, \tau)$ et b au lieu de a.

On démontre, après quelques calculs et toujours avec les limites de (2),

$$(3)\quad \Phi_x = -\frac{a}{\pi}\int d\tau \int \varphi_x\, d\theta; \qquad \Phi_y = \varphi\left(x, t - \frac{y}{a}\right) + \frac{a}{\pi}\int d\tau \int \varphi_x \frac{y\cos\theta\, d\theta}{\sqrt{a^2(t-\tau)^2 - y^2}},$$

puis, pour $y \to +0$,

$$(4)\quad \Phi_x^{(0)} = -\frac{a}{\pi}\int_0^t d\tau \int_0^{\pi} \varphi_x(x + a\,t - \tau\cos\theta, \tau)\, d\theta; \qquad \Phi_y^{(0)} = \varphi(x, t).$$

Du reste, Φ et Ψ seront des potentiels satisfaisant à leurs équations d'ondes.

En nommant f, g les composantes du vecteur donné $S^{(0)}$ sur la frontière, on aura alors, pour la résolution du problème proposé, le système d'équations intégro-différentielles de Volterra,

$$(5)\quad \begin{cases} \Psi(x, t) - \dfrac{a}{\pi}\displaystyle\int_0^t d\tau \int_0^{\pi} \varphi_x(x + a\,t - \tau\cos\theta, \tau)\, d\theta = f(x, t), \\ \varphi(x, t) + \dfrac{b}{\pi}\displaystyle\int_0^t d\tau \int_0^{\pi} \Psi_x(x + b\,t - \tau\cos\theta, \tau)\, d\theta = g(x, t). \end{cases}$$

Or on donnera facilement la solution de ce système pour une onde élémentaire de fréquence connue ζ en x,

$$(6)\quad f(x, t) = e^{i\zeta x} f_*(\zeta, t); \qquad g(x, t) = e^{i\zeta x} g_*(\zeta, t),$$

en posant, de la même façon,

$$(7)\quad \varphi(x, t) = e^{i\zeta x}\varphi_*(\zeta, t); \qquad \Psi(x, t) = e^{i\zeta x}\Psi_*(\zeta, t),$$

ce qui mène au système simple

$$(8)\quad \begin{cases} \Psi_*(\zeta, t) - ia\zeta\int_0^t \zeta(a\zeta t - \tau)\, \varphi_*(\zeta, \tau)\, d\tau = f_*(\zeta, t), \\ \varphi_*(\zeta, t) + ib\zeta\int_0^t \zeta(b\zeta t - \tau)\Psi_*(\zeta, \tau)\, d\tau = g_*(\zeta, t), \end{cases}$$

ζ étant la fonction fondamentale de Bessel d'indice o.

Pour des conditions $S^{(0)}$ quelconques, on trouvera le spectre de Fourier en question et l'on prendra la superposition des solutions correspondantes : il faudra seulement poser encore quelques conditions faciles (suffisantes) supplémentaires pour les intensités f_*, g_*, garantissant la convergence. D'ailleurs, si les équations (5) présentent des discontinuités en f, g, ces discontinuités se reproduiront aussi dans φ, Ψ.

3. Si l'on donne les *tensions* sur l'axe des x, on introduira de la même façon des couches *simples*, en posant maintenant

$$(9)\quad \begin{cases} \Phi = \frac{a}{\pi}\int_0^{t-\frac{Y}{a}} d\tau \int_0^{\pi} \varphi(\xi, \tau) \operatorname{arc\,tang} \frac{Y \sin\theta}{y}\, Y \sin\theta\, d\theta, \\ \xi = x + Y\cos\theta, \qquad Y = \sqrt{a^2(t-\tau)^2 - y^2}, \end{cases}$$

et de même pour Ψ. On aura ici

$$(10)\quad \Phi_y = -\frac{a}{\pi}\int_0^{t-\frac{Y}{a}} d\tau \int_0^{\pi} \varphi(\xi, \tau)\, d\theta,$$

c'est-à-dire le potentiel (2); il est clair qu'on viendra encore à des équations de même type que (5), (7), dont nous omettrons les détails.

4. Pour le demi-plan, on peut signaler des résultats trouvés par Lamb (*Philos. Transactions*, vol. 203, 1904, p. 1-42). Mais ces résultats ne se généralisent pas, à ce qu'il semble, ni sur d'autres domaines, ni sur l'espace. Quant à la méthode des couches, le potentiel d'une couche double sera donné dans le cas du demi-espace $z \geqq 0$ par

$$(11)\quad \begin{cases} \Phi = -\frac{a}{2\pi}\int_0^{t-\frac{z}{a}} d\tau \int_0^{2\pi} \varphi(\xi^{(0)}, \eta^{(0)}, \tau)\, d\varepsilon; \\ \xi^{(0)} = x + Z\cos\varepsilon, \qquad \eta^{(0)} = y + Z\sin\varepsilon, \qquad Z = \sqrt{a^2(t-\tau)^2 - z^2}, \end{cases}$$

tandis que pour la couche simple, on aura

$$(12)\quad \begin{cases} \Phi = \dfrac{a}{2\pi}\displaystyle\int_0^{t-\frac{z}{a}} d\tau \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\theta \int_0^{2\pi} \varphi(\xi, \eta, \tau) \dfrac{Z^2 \sin\theta \cos\theta \, d\theta}{\sqrt{a^2(t-\tau)^2 \sin^2\theta + z^2 \cos^2\theta}}; \\ \xi = x + Z \cos\theta \cos\varepsilon, \qquad \eta = y + Z \cos\theta \sin\varepsilon. \end{cases}$$

On retombe ici sur (11), en prenant Φ_z dans (12), tandis qu'on y aura en outre

$$(13)\quad \Phi_{zz} = \varphi\left(x, y, t - \frac{z}{a}\right) + \frac{a}{2\pi}\int_0^{t-\frac{z}{a}} d\tau \int_0^{2\pi} [\varphi_x(\xi^{(0)}, \eta^{(0)}, \tau)\cos\varepsilon + \varphi_y(\xi^{(0)}, \eta^{(0)}, \tau)\sin\varepsilon] \frac{z}{Z} \, d\varepsilon,$$

ce qui amène encore à

$$(14)\qquad \Phi_{zz}^{(0)} = \varphi(x, y, t)$$

sur la frontière $Z = 0$. Les équations intégrales des problèmes correspondants et leur solution se trouvent comme dans le cas plan.

Ajoutons que les formules (2), (9) et (12) permettent une interprétation physique simple.

MÉTROLOGIE. — *Méthode de mesure de haute précision des longueurs et des épaisseurs.* Note de M. **Marcel Mennesson**, présentée par M. Léon Guillet.

Les principales méthodes actuellement employées pour obtenir une grande précision dans la mesure des longueurs sont basées sur des procédés d'amplification obtenus soit par des procédés optiques, soit par des procédés mécaniques.

La nouvelle méthode que nous présentons amplifie la mesure par un procédé pneumatique.

Elle consiste essentiellement à remplacer la mesure d'une longueur par celle du débit de l'air qui s'écoule à travers un orifice dont la section est fonction de la longueur à mesurer.

La mesure de ce volume d'air est réalisable d'une manière instantanée de la façon suivante (*fig.* 1) :

Si de l'air, sous une pression constante H, s'écoule à travers deux orifices G et S placés en série, la pression *h* qui règne entre ces deux orifices est

fonction du rapport de leurs sections, cette pression étant d'autant plus faible que, toutes choses égales, la section de S est plus grande. Si l'orifice S est constitué par la section annulaire qui existe entre l'extrémité d'un conduit d'air et la surface d'une pièce A placée à une distance *d* de cette extrémité, la pression *h* sera fonction de cette distance et permettra donc de l'évaluer. Si la pièce A est posée sur une base F dont la distance à

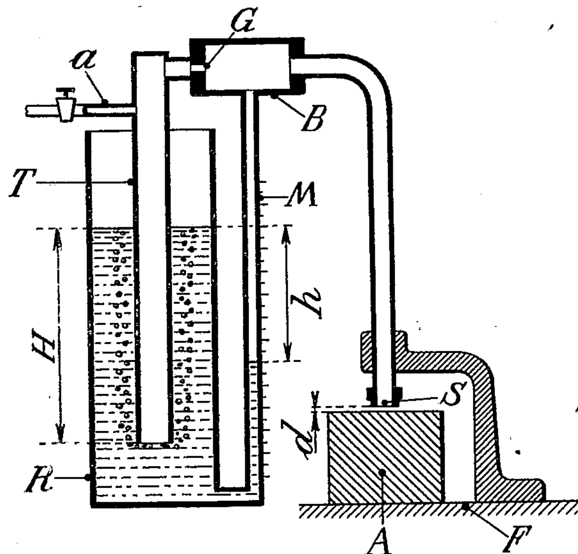


Fig. 1.

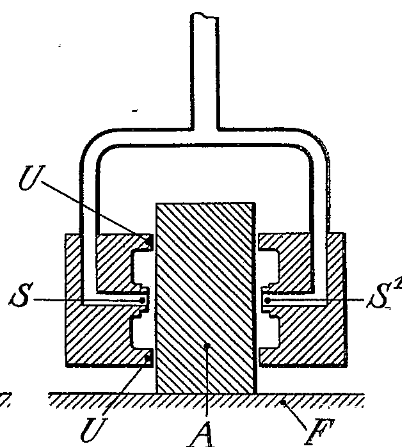


Fig. 2.

l'extrémité du conduit d'air est connue, la pression *h* pourra indiquer la hauteur en valeur absolue de A.

Les appareils établis suivant cette méthode comportent trois parties principales :

1° Une source d'air à pression constante;

2° Un manomètre;

3° L'appareil d'utilisation qui débite l'air au voisinage de la pièce à mesurer.

Source d'air à pression constante. — Pour que la mesure ait toujours une valeur absolue, il est indispensable que la pression de l'air admis dans l'appareil de mesure soit rigoureusement constante. L'appareil doit donc comporter en premier lieu un régulateur de pression. Ce régulateur est constitué de la façon suivante :

Un tube *a* est relié à une source d'air sous pression quelconque. Ce tube *a* est branché sur un tube T, de plus grande dimension, qui plonge à une

profondeur H dans l'eau contenue dans un récipient R ouvert à l'air libre. L'air amené par le tube *a* se détend dans le tube T et la partie qui n'est pas employée dans l'appareil de mesure s'échappe à travers l'eau contenue dans le récipient R. Il en résulte que l'air contenu dans le tube T est à pression rigoureusement constante et égale à la hauteur H qui existe entre le niveau de l'eau et le débouché inférieur du tube T.

On dispose ainsi d'une source d'air à pression constante, qui peut être réglée à un 1^{mm} d'eau près.

Manomètre. — Le manomètre est un manomètre à eau constitué de la façon suivante :

Un tube gradué M est relié à la capacité B située entre les deux orifices, l'autre branche du manomètre est simplement constituée par le réservoir R dont la section est très grande par rapport à celle de la branche M de sorte que c'est le niveau du récipient R qui sert de base aux mesures à effectuer.

La pression qui règne dans la capacité B sera donc indiquée par la hauteur *h* qui existe entre le niveau de l'eau du réservoir H et le niveau du tube M relié à la capacité B.

Appareils d'utilisation. — L'air sous pression constante contenu dans le tube T entre par l'orifice calibré G dans la capacité B d'où il s'échappe par l'orifice à mesurer S. C'est donc dans cette capacité B que régnera la pression *h* variable avec la dimension de l'orifice S, pression dont la mesure indiquera cette dimension.

Suivant les différentes pièces à mesurer, les formes et la conception des appareils d'utilisation seront très différentes.

S'il s'agit par exemple de mesurer l'épaisseur d'une pièce A, on peut placer cette pièce A sur une base fixe F dont la distance au débouché de l'extrémité d'un conduit d'air est connue.

Afin d'éviter le contact de la pièce A avec sa base d'appui, contact susceptible d'être une cause d'erreurs, on peut placer (*fig.* 2) cette pièce entre deux débouchés opposés S et S_1 d'un même appareil de mesure, en prenant des dispositions pour que ces débouchés S et S_1 ne puissent pas être mis en contact avec la pièce à mesurer en disposant des touches de protection telles que U. On obtient ainsi le moyen de mesurer une pièce sans que l'appareil de mesure ait aucun contact avec cette pièce.

L'amplification de lecture est considérable. En choisissant convenablement les dimensions des orifices G et S et la pression H on peut obtenir toute la sensibilité désirée. A titre d'expérience, on a pu amplifier la lecture du $1/100^e$ de millimètre sur une hauteur de $0^m,50$.

CHALEUR. — *Mesure de la conductibilité thermique des isolants : méthode du calorimètre.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. A. Cotton.

La détermination d'une conductibilité thermique suppose la connaissance d'un flux de chaleur et d'un gradient de température, ce qui soulève deux difficultés. La première se résout d'elle-même par l'utilisation d'un régime variable, une variation de température en un point provoquant un déplacement de chaleur par suite de la capacité calorifique; mais il reste à mesurer les températures. Cette détermination est souvent à peu près impossible dans le cas des métaux, c'est dire quelles difficultés elle soulève dans le cas des isolants. En fait c'est alors la difficulté essentielle, et c'est bien d'elle que semblent provenir les discordances entre expérimentateurs.

Notre méthode consiste à mettre en contact l'isolant avec un métal M de température différente, et à suivre le changement, *non pas de la température* un point, *mais de la quantité de chaleur* qui entre dans l'isolant ou en sort. Le métal jouant le rôle de calorimètre, cette quantité de chaleur se déduit de la légère variation de sa température. L'étude de ces quantités de chaleur donne théoriquement les mêmes renseignements que l'étude des températures, et la constante de temps de la variation de température donne le rapport de la capacité calorifique à la conductibilité.

On peut, sur ce principe nouveau, créer un grand nombre de méthodes. Nos expériences ont porté surtout sur un dispositif qui, s'il n'est pas théoriquement le meilleur, joint à une correction suffisante une extrême simplicité.

Le métal M est constitué par 1250^g de mercure, au fond d'un vase Dewar. L'échantillon est une plaque carrée de 10^{mm} d'épaisseur, dont la longueur du côté vaut 4,7 fois l'épaisseur, et qui est portée par une fine tige de verre emmanchée de telle sorte que, la tige touchant le fond du Dewar, il y ait la même quantité de mercure au-dessus et au-dessous du disque. Un thermomètre plonge dans le mercure à la hauteur de l'échantillon.

L'échantillon est d'abord enfermé dans une boîte métallique où il prend la température ambiante; et le mercure est refroidi au voisinage de 0° au moyen d'un petit bécher qu'on fait flotter sur lui et dans lequel on projette de la glace. On retire le bécher, et on laisse pendant quelques minutes s'établir (en même temps qu'on l'observe au thermomètre) le régime de réchauffement spontané du mercure, dû surtout au rayonnement thermique par l'orifice du Dewar. On sort l'échantillon, et, à l'instant $t = 0$, on l'immerge rapidement dans le mercure. Un système de fils attachés au Dewar per-

met d'immobiliser la tige de verre qui le porte. Il n'y a plus qu'à relever au chronomètre à dédoublante, le réchauffement du mercure au cours du temps.

Au bout de quelques minutes, le refroidissement de l'échantillon est complet, on observe un quart d'heure encore le thermomètre, pour déterminer la fuite du calorimètre, nettement inférieure à celle observée avant l'expérience : c'est que l'échantillon en s'immergeant entraîne les très légères souillures superficielles du mercure, dont le pouvoir absorbant se trouve fortement réduit.

La théorie très compliquée de cette expérience sera donnée ailleurs. Le problème résolu est celui du refroidissement (dans le cas du contact parfait, ce dont le calcul montre la légitimité) d'une plaque carrée limitée, noyée dans un milieu dont la température, commandée par le refroidissement, s'élève progressivement, et dans lequel la chaleur ne se répartit pas instantanément, le phénomène étant en outre troublé par le réchauffement spontané du calorimètre.

Si l'on désigne par η le réchauffement du mercure à l'instant t, corrigé brutalement de la fuite du calorimètre, par η_∞ l'échauffement limite, par M' l'équivalent en eau du calorimètre (déterminé en remplaçant l'échantillon par un égal volume de mercure), par μ l'équivalent en eau de l'échantillon, déterminé par la mesure même, on a, passé les premiers instants,

$$\eta : \eta_\infty = \mathrm{A}(1 + \mu : \mathrm{M}')(1 - 0{,}2\mu : \mathrm{M}')\,\mathrm{F}_1(u),$$

$$\mathrm{F}_1(u) = \frac{64}{\pi^4} e^{-u} \left(1 + \frac{1}{9} e^{-\frac{u}{3}} + \frac{1}{25} e^{-u}\right)^2,$$

puis, t étant le temps, R la résistance thermique du disque suivant l'épaisseur :

$$u = \frac{t}{\mathrm{T}}, \qquad \mathrm{R} = \frac{12\pi^4}{11}\left[1 + \frac{512}{\pi^6}\left(1 + 0{,}2\,\frac{\mu}{\mathrm{M}'}\right)\frac{\mu}{\mathrm{M}'}\right]\frac{\mathrm{T}}{\mu}.$$

La constante A, dont on peut évaluer l'ordre de grandeur, est liée à la propagation de la chaleur dans le mercure. Elle vaudrait 1 si le mercure était très conducteur, elle n'est ici que de peu inférieure à 1, parce que le mercure est en couches peu profondes, ce qui réduit d'ailleurs les irrégularités de convection.

La quantité $\mathrm{A}(1 + \mu : \mathrm{M}')(1 + 0{,}2\mu : \mathrm{M}')$ est voisine de 1. Comme nous avons vérifié qu'on peut, sans altérer T, multiplier F_1 par une constante assez différente de 1, on prend pour F_1 la valeur $\eta : \eta_\infty$, et, ayant construit une fois pour toutes le graphique $\mathrm{F}_1(u)$, on en déduit u. On construit la courbe donnant u en fonction du temps : c'est une droite qui ne passe plus tout à fait par l'origine, mais sa pente reste $1 : \mathrm{T}$.

On détermine ainsi directement la résistance thermique de l'échantillon, qui n'a pas besoin d'avoir une forme géométrique parfaite.

Nos mesures ont porté sur de l'ébonite, et ont donné

$$k = 4,1 \cdot 10^{-4} \text{cal.deg}^{-1}\text{sec}^{-1}\text{cm}^{-1},$$

à moins de 2 à 3 pour 100 près.

ÉLECTRICITÉ. — *Conductibilité électrique du papier noir. Applications.* Note de M. **Léon Grillet**, présentée par M. A. Cotton.

1. Le papier noir utilisé pour la confection de dessins présente, en général, une conductibilité électrique très appréciable. Le papier noir avec lequel j'ai expérimenté est de couleur très foncée, à surface lisse et d'épaisseur faible ; le papier noir de couleur terne, presque grise et à surface grenue, est beaucoup moins conducteur. Pour le papier que j'utilise, la résistance électrique d'une bande de 120^{mm} de longueur, de 50^{mm} de largeur et de $1/10^e$ de millimètre d'épaisseur est de l'ordre de 100000 ohms, les deux électrodes étant constituées par des mâchoires métalliques serrant la bande de papier et distantes de 120^{mm}.

La résistance électrique diminue quand on élève la température, ce qui montre que les particules conductrices sont constituées très probablement par du carbone.

La résistance augmente légèrement quand on exhale de la vapeur d'eau à la surface de la bande.

Lorsque la température et l'état hygrométrique ne changent pas et que les intensités de courant sont faibles, la résistance obtenue ainsi est stable. Ce papier permet donc de réaliser facilement des résistances électriques de valeurs élevées. Il est même possible de réaliser des résistances variables en remplaçant l'une des électrodes par une masse métallique que l'on déplace à la surface de la bande.

J'ai aussi réalisé des résistances variables en comprimant une pile de quelques rondelles de papier. Pour une cellule de ce genre, j'ai pu obtenir, sous une tension de 40 volts, des courants dont l'intensité variait de $1/10^e$ de milliampère à $3/10^e$ ampère.

2. Ce papier peut être utilisé pour le tracé des lignes équipotentielles d'un conducteur à deux dimensions. Dans le procédé classique, on utilise une plaque métallique bonne conductrice de l'électricité parcourue par un courant. On détermine les lignes équipotentielles avec un galvanomètre dont l'une des bornes est reliée à un point déterminé de la plaque, l'autre

borne est reliée à une électrode exploratrice que l'on déplace à la surface de la plaque de façon que le galvanomètre ne dévie pas (H. Abraham, *Recueil d'expériences élémentaires de Physique*, 2e partie, p. 229).

Dans le procédé que j'utilise, la plaque conductrice est remplacée par une feuille de papier noir conducteur. Les électrodes mises sous tension sont appliquées sur la surface de la feuille. La source débite d'autre part dans un potentiomètre dont le curseur est réuni à l'une des bornes d'un galvanomètre dont l'autre borne est réunie à une électrode exploratrice constituée par un porte-mine à crayon de graphite. Le pointé est facile à faire. Le tracé définitif peut se faire avec un crayon blanc.

Ce dispositif permet de numéroter en potentiels les courbes obtenues. Chaque courbe correspond en effet à une position déterminée du curseur. L'emploi d'une feuille peu conductrice présente d'ailleurs l'intérêt de permettre l'utilisation d'électrodes de formes variées.

Les lignes de courant sont orthogonales aux lignes équipotentielles. Il est possible de les déterminer expérimentalement de la façon suivante. On découpe une feuille de papier noir suivant un contour formé par deux lignes équipotentielles et deux lignes de courant correspondant à une certaine distribution. On applique sur cette feuille deux électrodes coïncidant avec les deux lignes de courant. On étudie la nouvelle répartition des lignes équipotentielles. Cette distribution correspond à celle des lignes de courant de la première détermination. Ce dispositif permet donc de résoudre le problème suivant :

Étant donné un phénomène physique quelconque qui se traduit par une double représentation de lignes orthogonales, on considère un domaine plan limité par deux courbes de chacune des deux familles, trouver la distribution complète des deux systèmes de courbes dans le domaine considéré.

ÉLECTRICITÉ. — *L'électrostriction du benzène.*

Note de MM. **M. Pauthenier** et **P. Delahaye**, présentée par M. A. Cotton.

Les mesures ci-dessous ont pour but de comparer les prévisions théoriques [1] avec la détermination expérimentale de l'électrostriction dans le cas du benzène.

---

(1) Bruhat et Pauthenier, *Journ. de Phys.*, 6, 1925, p. 1.

Le dispositif interférentiel est analogue à celui qu'a utilisé l'un de nous [1] dans le cas du tétrachlorure de carbone.

La longueur d'onde moyenne λ_m de la lumière blanche utilisée a été déterminée en comparant photographiquement l'interfrange en lumière blanche avec les interfranges des raies jaune ($0^{\mu},578$), verte ($0^{\mu},546$) et violette ($0^{\mu},436$) d'un arc au mercure substitué à l'arc au charbon : on trouve ainsi $\lambda_m = 0^{\mu},450$. Le potentiel utilisé est de 20400 volts connu à 3 pour 100 près.

Voici, exprimés en interfranges, les résultats théoriques et expérimentaux pour les déplacements des franges résultant de la biréfringence (b) et de l'électrostriction (e) :

Expérience..............	$e = 0,12 \pm 0,03$	$b = 0,16 \pm 0,06$.
Théorie..................	$e = 0,21 \pm 0,03$	$b = 0,19$.

La quantité e a été calculée théoriquement en tenant compte des données expérimentales les plus récentes [2]. On voit que l'accord entre les deux valeurs de b est bon, mais que la valeur expérimentale de e est trouvée ici un peu plus petite que la valeur théorique (elle avait été trouvée un peu plus grande dans le cas du sulfure de carbone). Mais, étant données les difficultés du contrôle expérimental et la précision très difficile à évaluer des quantités utilisées dans le calcul théorique (cf. *loc. cit.*); le résultat ci-dessus peut, néanmoins, être tenu pour assez satisfaisant.

MESURES ÉLECTRIQUES. — *Sur une méthode de mesure des intensités élevées en courant continu.* Note de M. **Charles Dietsch**, présentée par M. Paul Janet.

Dans une Note précédente [3] nous avons indiqué un procédé de mesure des intensités élevées en courant continu dont nous rappellerons sommairement le principe :

Sous l'action du champ produit par le courant à mesurer circulant dans un conducteur enlacé avec le circuit magnétique d'un transformateur d'intensité en forme de tore, les caractéristiques de ce dernier, déphasage et

(1) Pauthenier, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 121.
(2) J. H. Hildebrand, *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 649.
(3) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 22.

rapport de transformation, se trouvent fortement modifiées du fait de la modification de l'état magnétique du noyau.

Nous avons montré qu'en superposant au champ produit par le courant à mesurer un champ continu égal et de sens inverse produit par un courant auxiliaire de faible valeur circulant dans un enroulement spécial on ramenait moyennant certaines précautions supplémentaires le noyau du transformateur dans son état primitif.

Cette dernière condition étant vérifiée par le retour à leurs valeurs initiales des caractéristiques du transformateur, on peut écrire : en toute rigueur l'équation simple :

$$I_1 = n_2 I_2,$$

exprimant l'égalité des deux champs continus opposés qui permet la détermination du courant à mesurer I_1 connaissant la valeur du courant auxiliaire I_2 et le nombre de spires n_2 de l'enroulement qu'il parcourt.

Nous avons attiré l'attention sur le fait que la superposition successive de deux champs égaux et de signe contraire ne suffisait pas pour ramener le noyau magnétique dans son état primitif.

Par suite de l'hystérésis il subsistait une aimantation résiduelle qu'il était nécessaire de détruire par l'application d'un champ alternatif d'amplitude décroissante produit par un courant alternatif circulant dans un enroulement supplémentaire.

Cette nécessité de provoquer la désaimantation du noyau créait une complication assez gênante dans la méthode de mesure.

Nos recherches ultérieures ont montré que, moyennant certaines précautions, il était possible de s'en affranchir.

Certains physiciens, en particulier Burrows (*Bulletin du Bureau of Standards*, 1908, p. 205), ont fait connaître que lorsqu'un noyau magnétique présentait une aimantation résiduelle, la présence de celle-ci modifiait les propriétés magnétiques du fer. En étudiant l'action de cette aimantation résiduelle sur un noyau magnétique soumis à des cycles d'hystérésis, il a constaté que l'influence de cette aimantation diminuait lorsque l'amplitude des cycles augmentait et devenait tout à fait négligeable à partir d'une certaine valeur de l'induction maximum correspondant au sommet des cycles.

Les conclusions auxquelles ont abouti nos recherches ont entièrement confirmé ces différents points.

Pour ne pas avoir à tenir compte de l'aimantation résiduelle dans la

méthode décrite, il suffit donc de faire en sorte que l'induction maximum produite par les ampères-tours alternatifs résultant des courants primaire et secondaire qui servent à la mesure des caractéristiques du transformateur soit supérieure à celle pour laquelle l'action de l'aimantation résiduelle disparaît.

En outre l'étude de la sensibilité de la méthode nous a montré qu'il y avait intérêt à se placer le plus près possible de cette valeur limite de l'induction.

Pratiquement, l'induction est amenée à la valeur voulue par l'adjonction de résistances de valeur convenable dans le circuit secondaire à courant alternatif du transformateur de courant.

Nous avons pu aussi simplifier la mise en œuvre de la méthode décrite par la remarque suivante :

L'action du champ continu pour de faibles valeurs de celui-ci, ce qui est le cas dans l'utilisation de la méthode, a pour effet de faire varier de façon sensible surtout le déphasage. Il suffit pour vérifier l'égalité :

$$I_1 = n_2 I_2$$

de disposer d'un appareil donnant une déviation fonction du déphasage et suffisamment sensible même pour de faibles valeurs de celui-ci.

L'aimantation du noyau ayant pour effet d'augmenter toujours le déphasage, il suffira de donner au courant I_2 une valeur telle que la déviation de l'appareil soit minima. Nous avons utilisé avec succès comme appareil indicateur de déphasage un wattmètre réactif.

Ces diverses simplifications apportées à la méthode permettent de la faire sortir du domaine du laboratoire pour la faire entrer dans celui des mesures industrielles.

MAGNÉTISME. — *Aimantation des poudres macroscopiques dans les champs faibles*. Note [1] de M. **R. Chevallier**, présentée par M. M. Brillouin.

Nous avons montré dans une Note précédente [2] qu'une poudre de grains ellipsoïdaux identiques, de susceptibilité constante k et de coefficients démagnétisants LMN, contenue dans un ballon ellipsoïdal et placée

(1) Séance du 18 avril 1932.
(2) R. Chevallier, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1327.

dans un champ extérieur H, prend une intensité d'aimantation :

(1) $$\mathcal{J} = \mathfrak{M}_s \rho = \mathrm{SH} \left\{ 1 + s \left[1 - \mathrm{S} \left(\mathrm{D} + \frac{1}{k} \right) \right] \right\}$$

avec

$$3\mathrm{S} = \frac{k}{1 + k\mathrm{L}} + \frac{k}{1 + k\mathrm{M}} + \frac{k}{1 + k\mathrm{N}}.$$

Le ballon a, par hypothèse, un axe dirigé suivant le champ et D est le coefficient démagnétisant suivant cet axe. Les grains sont orientés de toutes les façons possibles par rapport au champ et s désigne le rapport du volume ferromagnétique au volume total, soit la concentration.

On remarquera que, S représentant la moyenne des aimantations prises par Gauss suivant les trois axes d'un grain, les relations précédentes permettent de calculer les propriétés de la poudre à partir de celles du grain isolé. Il nous a donc semblé utile de vérifier ces prévisions sur des poudres artificielles de grains géométriques assez gros (quelques millimètres), identiques entre eux et nécessairement peu nombreux (une centaine), gainés d'une substance magnétiquement inerte qui permet de varier la concentration s. Ce sont de telles poudres que nous appelons macroscopiques. Le travail expérimental fut effectué, en collaboration avec M. Long Yang, sur des grains sphériques d'acier et des grains cylindriques de fer et de nickel. Dans ce qui suivra, le moment correspondant à H sera toujours le moment limite atteint après des cycles répétés entre + et — H.

Grains sphériques. — Un petit ballon sphérique de verre était rempli de billes d'acier. Nous avons d'abord vérifié qu'à partir d'une vingtaine, le moment était proportionnel au nombre de billes et indépendant de leur arrangement, d'où possibilité de rapporter ce moment à un nombre de grains constant. Chaque bille était enveloppée d'une couche de paraffine très régulière dont on variait l'épaisseur pour donner à s une valeur quelconque.

L'étude d'une bille d'acier isolée, sans hystérèse importante entre 0 et 100 gauss, a fourni $\mathrm{S} = 0{,}222$ nombre nettement au-dessous de $3/4\pi = 0{,}24$, que donnerait $k = \infty$.

L'expression théorique de $\mathcal{J}$ pour l'ensemble des billes se réduit à $\mathcal{J} = \mathrm{SH}$ car $\mathrm{L} = \mathrm{M} = \mathrm{N} = \mathrm{D} = 4\pi/3$. Elle est donc indépendante de s, mais rien ne permet de prévoir jusqu'à quelle concentration.

L'expérience l'a vérifié dans un large intervalle. Quand les grains sont au contact ($s = 0{,}5$) le moment ne croît que du sixième de sa valeur limite. Jusqu'à $s = 0{,}3$, l'influence réciproque des grains est insensible.

La valeur du moment spécifique limite ($s=0$) est $\mathfrak{M}_s = 3,55$ CGS pour $H = 124$ gauss. Prenant pour la densité $\rho = 7,8$, la constante $S = 0,222$ fournit pour un grain isolé dans le même champ $\mathfrak{M}_s = 3,52$. La vérification est donc très bonne.

Grains cylindriques. — Pour étudier l'influence de l'allongement du grain, nous n'avons pu songer à réaliser une centaine d'ellipsoïdes de quelques millimètres cubes, nous avons utilisé des cylindres de révolution.

L'expérience montre en effet qu'un grain ferromagnétique de symétrie ellipsoïdale, placé dans un champ H de cosinus directeurs $\alpha\beta\gamma$ par rapport aux axes du grain, prend une aimantation dont la composante suivant le champ est

$$\mathcal{J} = (A\alpha^2 + B\beta^2 + C\gamma^2)H,$$

où ABC sont des constantes, pourvu que ce champ soit assez faible (de 0 à 150 gauss) et que le grain ne soit pas trop allongé. Nous l'avons vérifié sur des cylindres de fer et de nickel et sur des couples de billes d'acier, dans des conditions où l'hystérèse était négligeable.

Il en résulte que l'expression (1) de $\mathcal{J}$ subsiste avec

$$3S = A + B + C,$$

quantité mesurable sur un grain isolé. La grandeur $1/k$ restant petite devant $D = 4\pi/3$ (ballon sphérique), on voit que la constante S permet à elle seule de calculer l'ordonnée à l'origine ($s=0$) et le coefficient angulaire $d\mathfrak{M}_s/ds$ au départ

M. Long Yang a donc réalisé des séries de grains cylindriques identiques, qu'il gainait soigneusement dans du papier de soie de façon à faire varier s. Comme il était impossible de répartir les grains sphériquement, le ballon qui les contenait manifestait une certaine anisotropie. On effectuait la mesure suivant trois directions rectangulaires et l'on prenait la moyenne, d'ailleurs très constante, comme valeur de $\mathfrak{M}_s$.

La décroissance de cette quantité est linéaire jusque vers $s = 0,25$. Les résultats pour des grains cylindriques de fer sont consignés dans le tableau suivant, où m désigne le rapport d'axes du grain :

	m.....	0,57.	1,0.	2,2.	3,1.	4,0.	5,4.	Sphère d'acier.
3 S	....	0,81	0,74	0,91	1,15	1,44	1,96	0,66
M_s	calc.......	4,27	3,92	4,82	6,10	7,65	10,35	3,52
	obs.......	4,50	4,10	5,05	6,10	7,75	10,20	3,55
dM_s/d_s	calc.......	0,7	0,2	1,7	3,4	8,1	18	0
	obs.......	0	0	1,5	4	9	19	0

$H = 124^g$; $s = 0$; $\rho = 7,8$.

La relation (1) représente donc bien la partie rectiligne. S est minimum pour $m = 1$ comme dans le cas d'un ellipsoïde. Les disques $m = 0,57$ fournissent un moment nettement plus élevé.

Au delà de $s = 0,25$, les courbes se relèvent et viennent se grouper pour $s = 0,5$ autour de $M_s = 5$. Les grains sont au contact pour cette limite.

Une vérification analogue fut faite pour des grains cylindriques de nickel.

Ces expériences montrent que notre théorie fournit un schéma satisfaisant des faits dans les champs faibles, pour les formes de grains ramassées et pour les petites concentrations.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption de dérivés éthyléniques et benzéniques dans le proche infrarouge.* Note [1] de M. **R. Freymann**, présentée par M. A. Cotton.

Au moyen du montage à cellule photo-résistante déjà décrit [2] j'ai étudié les spectres d'absorption dans le proche infrarouge ($0^\mu,84$-$1^\mu,16$) de dix corps éthyléniques et vingt-sept dérivés benzéniques à l'état liquide; un certain nombre de ces derniers, particulièrement purs, m'ont été obligeamment prêtés par M. Haenny. Le Tableau I suivant indique pour quelques-uns de ces corps, les plus caractéristiques, les longueurs d'onde en Å des bandes observées et la nature probable de l'oscillation qui les produit.

Dans ce tableau, outre les bandes caractéristiques de certains groupements OH ($0^\mu,96$) ou NH^2 ($1^\mu,03$) on observe : 1° Des bandes caractéristiques de CH que l'on observe également dans les composés saturés [2], voisines de $0^\mu,9$ et 1^μ, et qui sont sans doute des harmoniques de la bande fondamentale de $3^\mu,4$; ces bandes ne s'observent que lorsque le C du CH n'est pas attaché à un autre C par une double liaison. 2° Des bandes que l'on attribue également à CH mais qui n'apparaissent que lorsqu'il existe une double liaison dans la molécule; ces bandes voisines de $0^\mu,87$ et $1^\mu,14$ sont sans doute les harmoniques 4 et 3 de la bande de $3^\mu,25$. Cette classification a été proposée par Barnes et Fulweiler qui ont trouvé ces bandes pour le benzène; on notera que ces bandes, bien que moins intenses, existent également dans les dérivés éthyléniques, ce qui confirme, une fois de plus, *l'hypothèse de l'identité des doubles liaisons dans les dérivés éthyléniques et benzéniques.* 3° Des bandes voisines de $1^\mu,10$ et

---

(1) Séance du 11 avril 1932.

(2) R. Freymann, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 656 et 928.

1$^\mu$,12, intenses dans les dérivés éthyléniques, faibles sinon inexistantes dans les dérivés benzéniques, sont peut-être caractéristiques de C = C. 4° Une bande faible voisine de 1$^\mu$,06 est peut-être une bande de combinaison.

TABLEAU I.

Nom du corps.	(CH =).	(CH).	(OH).	(CH).	(NH²).		(C=C).	(CH=).
				Éthyléniques.				
Perchloréthylène....							11201	
							11339	
Trichloréthylène....	8593			9883 (f.)			11007 (t. f.)	
				10014 (f.)			11197	
							11335	
Octène-*n*-2.3.......	8670 (?)	9150		10210			11210 (t. f.)	11532 (?)
		9206		10312				
Décène-*n*-1.2.......	8740 (f.)	9163 (f.)		10218			11016	11422
		9288		10405			11174	11473
Alcool allylique.....	8726.	9076	9678	10143			10991	11390
							11159	11468
				Benzéniques monosubstitués.				
Benzène............	8737			10235 (?)		10605 (?)	10974 (t. f.)	11380
							11172 (t. f.)	11463
Toluène............	8760	9116 (d.)		10014		10657	11007 (?)	11416
				10190				11477
Éthylbenzène.......	8770	9123 [9348]		10032 (f.)		10544 (t. f.)		11422
				10190				11472
Alcool benzylique...	8735	9300 (d.)	9774	10200 (f.)		10573 (?)		11422 (d.)
Aniline.............	8750			10003 (f.)	10292			11404
								11455
Iodobenzène........	8712			10181 (f)		10572 (t. f.)	11054 (t. f.)	11409 (d.)
Bromobenzène......	8698			10163 (f)		10544 (f.)	11030 (t. f.)	11376 (d.)
Chlorobenzène......	8678			10159 (f)		10527 (f.)	10985 (t. f.)	11362 (d.)
Nitrobenzène.......	8641			10143 (f)				11284
								11330
Aldéhyde benzoïque.	8688			10218 (f)				11367 (d.)

Nota. — (d.) = bande large, peut-être double; (f.) = bande faible; (t. f.) = bande très faible; (?) = bande douteuse.

Déplacements dans les bandes (CH =). — Comme le montre le Tableau I, la position des bandes (CH =) dépend de la substitution que l'on opère sur le noyau benzénique; le Tableau II représente les écarts en Å des bandes de quelques dérivés par rapport à celle du benzène. (La dispersion utilisée a permis de dédoubler la bande de 1$^\mu$,14; dans le Tableau II on a considéré le milieu approximatif de cette bande.)

TABLEAU II.

Nom du corps.	δλ (Å). Bande 0μ,87.	δλ (Å). Bande 1μ,14.	Signe de la substitution.	Moment électrique.
Nitrobenzène	− 96	−115	−	3,9 . 10^{-18}
Aldéhyde benzoïque	− 49	− 55	−	2,7 »
Chlorobenzène	− 59	− 60	−	1,52 »
Bromobenzène	− 39	− 46	−	1,5 »
Iodobenzène	− 25	− 13	−	1,2 »
Benzène	0	0		0 »
Toluène	+ 23	+ 28	+	0,4 »
Éthylbenzène	+ 33	+ 28	+	0,5 »
Aniline	+ 13	+ 5	+	1,56 »
o-Dichlorobenzène	− 67	− 68	− −	2,25 »
o-Chlorotoluène	− 30	− 37	− −	1,39 »
p-Chlorotoluène	− 20	− 18	− +	1,74 »
Benzène	0	0		0 »
o-Xylène	+ 23	+ 33	+ +	0,5 »
m-Xylène	+ 49	+ 70	+ +	0,4 »
p-Xylène	+ 65	+ 83	+ +	0 »
Cymène	+ 64	+ 78	+ +	
Pseudocumène	+ 59	+ 98	+ + +	
Mésitylène	+118	+138	+ + +	0 »

On sait que diverses études, notamment celles faites sur le moment électrique, ont permis de montrer que les groupements NO^2, CHO, Cl, Br, I, ..., sont électronégatifs par rapport au noyau benzénique; par contre CH^3, NH^2, ..., sont électropositifs. On remarquera dans le Tableau II que pour les dérivés monosubstitués *tous les groupements électronégatifs amènent un déplacement vers les courtes longueurs d'ondes* (signe −) par rapport à la bande du benzène, *tous les groupements électropositifs un déplacement vers les grandes longueurs d'ondes* (signe +); on fait des remarques semblables pour les dérivés di- ou trisubstitués.

On voit ainsi que l'étude *des bandes infrarouges* (CH =) *des dérivées benzéniques met en évidence qualitativement et quantitativement le caractère électropositif ou électronégatif* des groupements attachés au noyau benzénique, ce qui ne semble pas avoir été signalé jusqu'ici [1].

---

[1] BARNES et FULWEILER (*J. Amer. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 2034) voyaient dans ces déplacements un effet de masse; c'est qu'ils ont étudié uniquement des groupements électropositifs (CH^3).

J'ajoute que M. Allard [1] avait prévu cet effet par des considérations théoriques que l'expérience vient ainsi confirmer.

Précisons que le moment électrique (dont on donne la valeur dans le Tableau II) est la manifestation à *l'extérieur* de la molécule des charges électriques qu'elle contient; les déplacements des bandes infrarouges en sont la manifestation *à l'intérieur* même de la molécule.

POLARISATION ROTATOIRE. — *Dispersions rotatoires des solutions benzéniques de pinène α droit et de pinène β gauche.* (*Rectification à une Note précédente.*) Note de M. J. **Rabinovitch**, présentée par M. A. Cotton.

Les conclusions de la Note que j'ai publiée sur ce sujet [2] restant toujours valables, le calcul doit être légèrement modifié comme il suit :

c' représentant la proportion en volume de pinène β rentrant dans le troisième constituant et r'_{λ_1} la rotation que donnerait ce troisième constituant s'il occupait seul le tube polarimétrique, on a

$$R_{\lambda_1} = (c - c')r_{\lambda_1} + c'(1 + \theta)r'_{\lambda_1},$$

$\theta c'$ étant la proportion de benzène qui s'associerait à une proportion c' de pinène β. (θ est nul dans le cas où il y aurait polymérisation ou association entre molécules de pinène β.)

On trouve dans ces conditions le rapport

$$\frac{\overline{BC}}{\overline{B'C'}} = \frac{(1+\theta)r'_{\lambda_1} - r_{\lambda_1}}{(1+\theta)r'_{\lambda_2} - r_{\lambda_2}}$$

qui reste indépendant des concentrations.

OPTIQUE. — *Contribution à l'étude du spectre Raman de l'eau.* Note [3] de M. **Horia Hulubei**, présentée par M. Jean Perrin.

Le spectre de diffusion de l'eau a fait l'objet de nombreuses études [4]. Les résultats de ces études se laissent mal coordonner, mais les travaux de

(1) Allard, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1495.

(2) J. Rabinovitch, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 855.

(3) Séance du 18 avril 1932.

(4) Une bibliographie complète jusqu'en juillet 1931 dans : K. W. F. Kohlrausch, *Der Smekal-Raman Effekt*, Julius Springer, Berlin.

Kohlrausch [1], Kinsey [2], Gerlach [3], ont bien précisé que le spectre Raman de l'eau comporte une bande diffuse dont la structure complexe ne serait pas exclusivement due à la complexité de l'excitation. Kohlrausch et Gerlach ont admis l'existence de deux composantes; d'autres chercheurs, les Indiens en particulier [Ramaswamy [4], Ganesan, Rao [5], Krishnan [6]] ont trouvé une bande triple, de même Nisi [7], Specchia [8]. De plus les nombres pour la position des composantes données concordent mal entre eux.

J'ai voulu suivre le comportement du spectre Raman de l'eau vis-à-vis de son état physique et des conditions extérieures; pour cela je devais pouvoir déterminer avec précision sa structure. A cet effet j'ai tout d'abord cherché à obtenir dans de bonnes conditions, à l'aide de filtres appropriés, les bandes de l'eau généralement discutées, d'autre part à òbtenir un spectre par excitation monochromatique, afin de pouvoir contrôler les apparences observées jusqu'ici.

Pour l'excitation monochromatique, j'ai employé la raie 2536,52 isolée par un filtre à chlore sous pression et un dispositif déjà décrit [9]. J'ai employé un spectrographe Féry qui donne dans cette région 8 Å/mm, mais qui présente le désavantage d'une très faible luminosité (*fig. a*).

La bande obtenue s'étend sur environ 595 cm^{-1}.

Examinée à l'œil et au microphotomètre, elle est double et se compose d'une bande dont le maximum est à

$$\Delta\nu = 3233 \text{ cm}^{-1}$$

et d'une autre plus large et plus forte dont le maximum est à

$$\Delta\nu = 3443 \text{ cm}^{-1}.$$

Sur mes clichés, aucune trace d'une troisième composante dans le sens de celle observée par les chercheurs indiens.

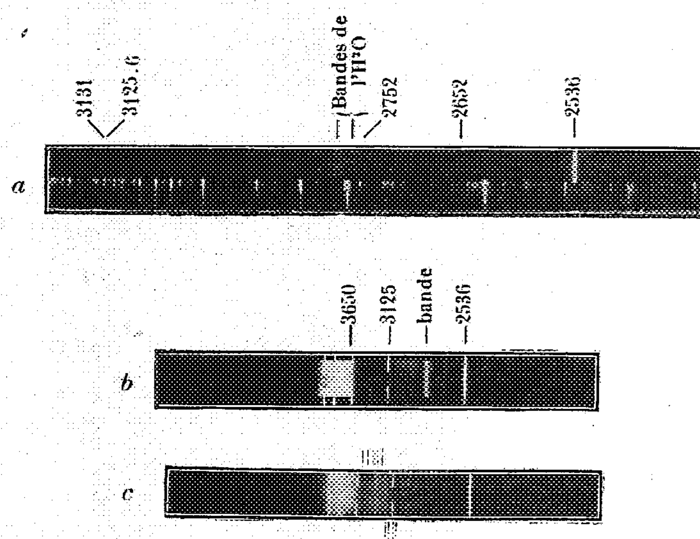
Il est à remarquer qu'une excitation par la raie de résonance, si l'on ne supprime pas le reste du spectre ultraviolet, peut facilement conduire à des

---

(1) A. Dadieu, K. W. F. Kohlrausch, *Naturwiss.*, **17**, 1929, p. 625.
(2) Kinsey, *Phys. Rev.*, **34**, 1929, p. 548.
(3) W. Gerlach, *Naturwiss.* **18**, 1930, p. 68 et 182; *Phys. Zeits.*, **31**, 1930, p. 695.
(4) Ramaswamy, *Ind. Journ. of Phys.*, **5**, 1930, p. 193.
(5) Rao, *Nature*, **124**, 1929, p. 762; **125**, 1930, p. 600; *Proc. Roy. Soc. Lond.*, **127**, 1930, p. 279.
(6) K. S. Krishnan, *Ind. Journ. Phys.*, **4**, 1929, p. 131.
(7) Nisi, *Japan Journ. of Phys.*, **5**, 1929, p. 119.
(8) Specchia, *Cim.*, **7**, 1930, p. 380.
(9) H. Hulubei, Y. Cauchois, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1640.

résultats erronés. La bande s'étend de 2752 à 2803 : entre ces deux raies fortes la lampe à mercure, surtout quand elle est chaude, donne toute une série de raies, qui peuvent paraître dans le spectre de diffusion, se superposer à l'émission de l'eau, et fausser les interprétations.

Avec les données de l'excitation par raie unique, on explique bien l'apparence des bandes excitées par les groupes de raies : 3650 (q. p. o), 4047 (k. i. h), 4358 (e. f. g), en tenant compte de la superposition des émissions correspondant à chaque raie excitatrice et avec leurs intensités respectives. Ainsi pour la bande bleue on comprend le troisième maximum trouvé par différents auteurs; il paraît bien qu'il provient de la composante



a, excitation par raie unique des bandes de l'eau.
b, les bandes lointaines font presque complètement défaut pour une sol. 3n. de NaCl dans H^2O.
c, bandes de l'eau (marquées par un trait).

forte excitée par la raie 4077; l'addition d'un électrolyte atténue progressivement les composantes faibles, d'où pour une part, l'affinement de la bande centrale, et la plus grande facilité d'observation d'une *troisième composante*, etc. On explique de même les apparences des bandes violette et verte.

Comme nous l'avions déjà signalé (1), l'excitation par la raie 2536 et l'emploi d'un filtre à chlore, nous a permis d'observer un certain nombre de bandes plus lointaines de l'eau. Ces bandes paraissent quelle que soit la provenance de l'eau distillée que j'ai employée; d'autres corps, comme les alcools, m'ont donné des systèmes analogues, variant d'un corps à l'autre.

(1) *Loc. cit.*

Après des poses très prolongées avec du quartz comme diffuseur la région correspondant aux bandes restait pure.

L'addition de sels entrave l'apparition de ces bandes; seules les plus fortes persistent (*fig. b* et *c*). Des clichés obtenus avec une fente plus fine et des temps de pose plus longs, m'ont permis d'en observer d'autres; certaines des bandes déjà mentionnées ont paru dédoublées. Les nombres qui suivent ne prétendent pas à une grande précision, puisque dans cette région le spectrographe employé a une dispersion de 95 à 130 Å/mm, et que les maxima des bandes sont lus à environ 10 Å près. Les $\Delta\nu$ observés sont :

cm^{-1}.	6747	7246	7757	8200	8660	9175	9569	10039	10635	10944
μ.....	1,48	1,38	1,29	1,21	1,154	1,09	1,05	0,99	0,94	0,91
	$2\nu_1+\nu_2$	$2\nu_2$		$5\nu_1$	$3\nu_1+\nu_2$	$\nu_1+2\nu_2$	$6\nu_1$		$2\nu_1+2\nu_2$	

D'autres bandes plus lointaines se laissent deviner.

Si nous admettons comme fréquences fondamentales pour l'infrarouge ν_1 et ν_2 correspondant à $6{,}26^{\mu}$ et $2{,}66^{\mu}$, certaines de ces bandes paraissent bien comme les combinaisons spécifiées dans le tableau.

Le comportement de certaines de ces bandes avec la température et les sels dissous, analogue à celui de la composante $3233\,cm^{-1}$, fait penser qu'il y aurait ici aussi à faire un rapport avec l'association connue de l'eau. On peut penser que les molécules polymères constituent des édifices analogues à ceux des cristaux de glace, au moins quant aux trimères. D'où peut-être la possibilité de calculer leur spectre infrarouge et le contrôler avec l'émission Raman. Ce calcul pourrait confirmer l'hypothèse faite par J. Perrin (¹) sur la structure de ces trimères.

OPTIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la transparence de la basse atmosphère.* Note de MM. **H. Buisson**, **C. Jausseran** et **P. Rouard**, présentée par M. Ch. Fabry.

Nous avons continué les mesures de transparence atmosphérique entreprises antérieurement et dont une partie a été déjà publiée (²). Nous les avons poursuivies dans l'ultraviolet jusqu'aux radiations absorbées par quelques mètres d'air.

(¹) J. Perrin, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 557.

(²) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 808.

La source de lumière est une étincelle, cadmium, zinc ou aluminium, placée près du foyer d'une lentille achromatique, quartz-fluorine ou quartz-sel gemme, qui en projette une image à l'endroit où est placé l'appareil d'observation. Tout se passe comme si ce dernier était éclairé par une source de surface égale à celle de la lentille et de même brillance que l'étincelle. L'appareil d'observation est une chambre prismatique, avec prisme de quartz et objectif achromatique. La plaque est un peu en avant du foyer, de manière à avoir, pour chaque longueur d'onde, une petite tache intrafocale, de noirceur uniforme, permettant les mesures au microphotomètre. Pour chaque région spectrale, on fait des poses successives, sur la même plaque, à deux distances différentes, et l'on compense l'affaiblissement causé par l'absorption et l'éloignement de la source, en même temps qu'on gradue la plaque, en interposant, lors des poses faites à petite distance, des écrans affaiblisseurs, lames de quartz recouvertes de platine par projection cathodique dont l'opacité a été mesurée au laboratoire. Les couples de distances ont été successivement 800^m et 200^m, 600^m et 150^m, 160^m et 30^m, 70^m et 15^m. Enfin, pour les dernières raies de l'aluminium on a opéré par interposition d'un tube de 2^m de long, plein d'air puis vide. Les expériences ont eu lieu dans la banlieue de Marseille et en Vaucluse, pour le cadmium, puis au voisinage du laboratoire pour le zinc et l'aluminium, et enfin à l'intérieur de celui-ci pour les plus petites distances.

Le tableau ci-dessous donne le résultat de nos mesures, c'est-à-dire la densité optique de 1^{km} d'air, dans les conditions ordinaires, à la surface du sol.

Cd. λ.		Zn. λ.		Al. λ.	
2313.....	1,37	2139.....	3,20	1990.....	5,10
2265.....	1,77	2100.....	4,10	1935.....	17,0
2195.....	2,35	2063.....	3,40	1863.....	250
2144.....	2,71	2026.....	4,35	1858.....	370
				1855.....	445

Ces nombres, suite de la série déjà publiée, donnent l'absorption totale, non corrigée de la diffusion moléculaire, un peu incertaine pour ces longueurs d'onde. Ils croissent régulièrement et atteignent une valeur considérable pour la raie 1855, dont l'intensité est réduite au tiers par traversée de 1^m d'air. Il y a toutefois une inversion pour les raies 2100 et 2063 du zinc : c'est que ces raies se trouvent déjà dans la région des bandes d'absorption de l'oxygène, ce qui donne à la courbe générale d'absorption une

allure festonnée. Les bandes de cette région, reconnues d'abord à haute température par Fuchtbauer et Holm [1], puis par Malan [2], sont parfaitement observables à la température ordinaire; mais comme elles sont alors moins marquées, il est nécessaire d'employer une épaisseur d'air de 50 à 200 mètres.

Les grandes valeurs de l'absorption, dès la région 2100, rendent vain l'espoir qu'on avait eu d'observer dans le spectre solaire la partie qui est au delà de la bande de l'ozone. Les résultats négatifs des essais qu'on a tentés ne doivent pas être attribués à l'absorption de certains gaz contenus en faible proportion, comme l'ammoniaque, mais bien à celle de l'air lui-même, dont l'oxygène est d'ailleurs l'agent essentiel.

RAYONS X. — *Spectrographie des rayons X par transmission d'un faisceau non canalisé à travers un cristal courbé II.* Note de Mlle **Y. Cauchois**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai, dans une précédente Note [3], exposé une méthode permettant d'obtenir des spectres de rayons X intenses et fins par transmission d'un faisceau large à travers une feuille de mica incurvée suivant un cylindre circulaire; spectres qui se dessinent avec le maximum de netteté sur un cylindre de focalisation de rayon deux fois plus petit. Dans ces premiers essais le rayon de courbure du cristal était de 20^{cm}; la dispersion était, pour deux ordres intenses, respectivement 14 et 8 u.x par millimètre. J'ai depuis étendu la méthode à d'autres cristaux et pour des rayons de courbure plus grands, afin de gagner si possible en pouvoir séparateur.

D'après le schéma que j'ai donné, la distance linéaire de deux raies λ_1 et λ_2 dans un même ordre n est égale à

$$R(\varphi_{1n} - \varphi_{2n}).$$

où R est le rayon de courbure du cristal et φ_{1n}, φ_{2n} les angles de Bragg respectifs. La dispersion linéaire croît donc proportionnellement à R. Mais d'autre part le calcul montre que la largeur d'une raie pour un cristal supposé infiniment mince est donnée en première approximation par l'ex-

(1) *Phys. Zeit.*, 26, 1925, p. 345.
(2) *Thèse* de la Faculté des Sciences de Paris, 1931.
(3) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 362.

pression

$$\frac{R}{2}\omega^2 \operatorname{tang} u = \frac{o^2}{8R} \operatorname{tang} u,$$

où ω est la demi-ouverture angulaire utile, o l'ouverture linéaire totale utile du cristal et où $u = |\varphi \pm \alpha|$, φ étant l'angle de Bragg correspondant et α l'angle des plans réflecteurs avec la normale à la surface du cristal. Pour un cristal d'épaisseur E la largeur totale d'une raie peut s'exprimer par la formule simplifiée suivante :

$$\left(E + \frac{o^2}{8R}\right) \operatorname{tang} u.$$

Ainsi, pour une même *ouverture linéaire*, les raies correspondantes s'affinent quand R augmente; de plus, pour R grand, la largeur d'une raie n'est plus déterminée pratiquement que par l'épaisseur du cristal. En outre, pour une longueur d'onde donnée et un rayon déterminé, l'ouverture et l'épaisseur du cristal déterminent la luminosité du montage. Il faut donc arriver à un compromis avantageux dans le choix des trois grandeurs : rayon de courbure, ouverture et épaisseur du cristal, pour conserver au montage sa luminosité tout en réalisant un bon pouvoir séparateur. Par contre, on doit s'attendre à ce que les défauts du cristal se manifestent d'autant plus que le rayon est plus grand.

1. J'ai incurvé sur un cylindre de 1^m de rayon des feuilles de mica de quelques dizièmes de millimètre d'épaisseur. Nous donnons (*fig.* 1) deux ordres (2ᵉ et 4ᵉ ordres) d'un même spectre ainsi obtenu, à l'aide d'un montage sommaire, pour le rayonnement K du molybdène excité sous 40 kV et 10 mA (fortement surexposé pour la reproduction — pose 4 minutes). La dispersion moyenne est, dans le 2ᵉ ordre, 5 U.X. par millimètre, et, dans le 4ᵉ ordre, 2,4 U.X. par millimètre. Dans cet ordre, la raie β_3 est nette et bien visible à l'œil nu; la séparation $\beta_1\beta_3$ est $0^{mm},22$; j'ai déterminé la longueur d'onde de β_3 par extrapolation linéaire à partir de β_1 et β_2 en admettant pour les longueurs d'onde de ces raies les valeurs données par Larsson (¹) : $y\beta_1 = 630,678$ U.X., $\lambda\beta_2 = 619,698$ U.X.

On trouve ainsi

$$\lambda\beta_3 - \lambda\beta_1 = 0,566 \text{ U.X}, \qquad \text{soit} \qquad \lambda\beta_3 = 631,544 \text{ U.X.}$$

D'après Larsson, $\lambda\beta_3 = 631,543$; Allison et Williams (²) donnent $\lambda\beta_3 - \lambda\beta_1 = 0,572$.

(¹) LARSSON, *Phil. Mag.*, 3, 1927, p. 1136.
(²) ALLISON-WILLIAMS, *Phys. Rev.*; 35, 1930, p. 135 et 149.

Avec le même temps de pose (4 minutes), une quatrième composante β apparaît très faible mais visible, pour laquelle nous avons trouvé

$$\lambda\beta_4 = 618,17 \text{ U. X};$$

d'après Larsson, $\lambda\beta_4 = 618,25$; d'après Leide [1], $\lambda\beta_4 = 618,8$.

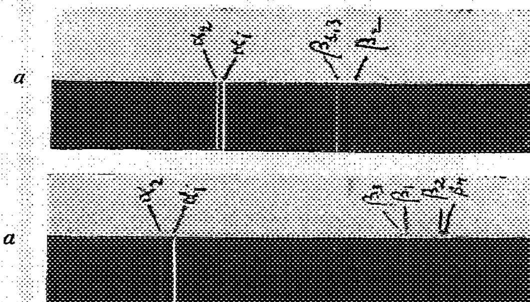


Fig. 1. — Spectre K du Mo obtenu avec un mica courbe.

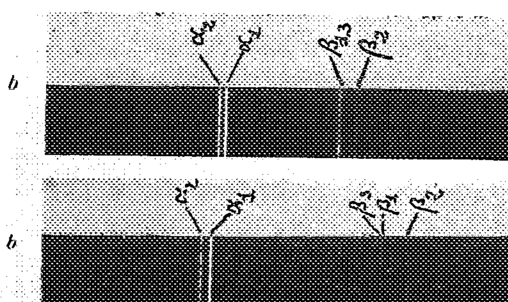


Fig. 2. — Spectre K du Mo obtenu avec un cristal de gypse courbé.

2. J'ai pu, facilement, donner ce même rayon de courbure (1^m), à des lames de gypse, jusqu'à des épaisseurs de $1^{mm},5$.

La figure 2 représente deux ordres d'un même spectre MoK obtenu avec une lamelle de gypse d'épaisseur $0^{mm},2$; les dispersions sont respectivement 4,8 U. X. et 3,3 U. X. par millimètre en moyenne. Un calcul semblable au précédent donne ici

$$\lambda\beta_5 = 631,541 \text{ U. X.}$$

L'emploi des grands rayons de courbure permet donc d'augmenter facilement le pouvoir séparateur, sans renoncer à la grande luminosité obtenue par la méthode, ceci même avec des montages rudimentaires et des cristaux assez imparfaits.

L'un des avantages des lames de gypse est qu'elles peuvent supporter la courbure même sous des épaisseurs notables, ce qui permet de diminuer les temps de pose dans le cas des rayonnements plus pénétrants. J'ai par exemple photographié le spectre K du tungstène excité sous 120 kV., 2,5 mA, sur plaques Lumière « Opta », en un quart d'heure de pose, avec un cristal de gypse de 1^{mm} d'épaisseur, dans un ordre où la dispersion moyenne est 5U.X./mm.

(1) Leide, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1203.

Avec ces montages j'ai pu photographier (sur Agfa Röntgen film) des spectres excessivement faibles en des temps de pose relativement très courts : spectre de diffusion (raies Compton et raies non modifiées pour $\alpha_1 \alpha_2$ et β_1) du rayonnement du molybdène excité sous 40 kV, 10 mA diffusé par un radiateur de paraffine avec seulement une dizaine d'heures de pose, et raies principales du spectre de fluorescence L du platine dans les mêmes conditions d'excitation en cinq heures de pose.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la composition des noyaux atomiques.* Note de M. Georges Fournier, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai présenté il y a deux ans (¹) une classification nucléaire des atomes en relation avec leur genèse possible et leur désintégration radioactive. Comme vient de le montrer Francis Perrin (²), cette classification rend un compte assez exact des possibilités de désintégrations artificielles, avec émission de neutrons ou de protons, provoquées par un bombardement α, telles qu'elles ont été mises en évidence par I. Joliot-Curie et F. Joliot, Chadwick, etc.

D'autre part la découverte de nouveaux isotopes aux emplacements prévus est venue confirmer la validité du principe nucléaire de cette classification, dans laquelle les noyaux étaient considérés comme formés par agglutination d'hélions ou particules α et d'électrons libres, avec, en plus, 0, 1, 2 ou 3 neutrons (suivant que le *nombre de masse*, ou poids atomique entier, était multiple de 4, multiple de $4+1$, 2 ou 3) (³).

Je voudrais remarquer aujourd'hui que l'on peut considérer comme constituants indépendants du noyau, autres que le proton et l'électron, les deux types fondamentaux *neutron* et *demi-hélion*.

Type.	Symbole.	Nombre de protons.	Nombre d'électrons.	Nombre de masse.	Nombre de charge.
Neutron..........	ω	1	1	1	0
Demi-hélion......	η	2	1	2	1

Les édifices nucléaires seraient donc construits avec trois types de

(¹) *Journ. de Phys.*, 7ᵉ série, 1, 1930, p. 194.

(²) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1343.

(³) Dans certains éléments légers, un des neutrons pouvait ne pas être formé, faute d'électron disponible, et il restait un proton libre.

« briques » : ω (neutron), η (demi-hélion) et α (hélion, en raison de la stabilité particulière de ce type). *Il n'existerait jamais de protons ni d'électrons libres dans le noyau.*

Les neutrons n'étant pas chargés, le nombre de demi-hélions du noyau est précisément égal au *nombre de charge* de ce dernier, c'est-à-dire au numéro atomique. Le nombre de neutrons est égal à l'excès du *nombre de masse* sur le double du *nombre de charge*.

Le constituant η, provisoirement désigné sous le nom de demi-hélion, représente en effet la moitié d'un hélion ou particule α. C'est encore, d'un autre point de vue, le noyau de l'atome d'hydrogène de masse 2, récemment découvert en Amérique.

Voici comment se produiraient, à partir de ces constituants, les différents types de désintégration :

1. *Type* α. — Perte de deux demi-hélions ou d'un hélion. Le nombre de neutrons ne change pas.

2. *Type* β. — Formation d'un demi-hélion à partir de deux neutrons. L'électron restant est expulsé, l'électron libre ne pouvant exister dans le noyau. Le nombre de demi-hélions augmente donc de 1 et le nombre de neutrons diminue de 2.

3. *Type* ω. — Perte d'un neutron. Le nombre de demi-hélions ne change pas. On passe du noyau de masse A au noyau isotope de masse A — 1. La transformation ω étant produite par bombardement α, la particule α peut être intégrée au noyau. On passe ainsi, par exemple, de Be_9 à C_{12}.

4. *Type* η. — Perte d'un demi-hélion. Il est possible que les émissions artificielles de protons observées correspondent, en totalité ou en partie, à des émissions de demi-hélions, qui ont même charge que les protons, et qui seraient sans doute difficilement discernables de ces derniers dans les conditions actuelles de l'expérimentation (cf. Francis Perrin). Il est d'ailleurs également possible qu'un demi-hélion soit détruit avec formation d'un neutron et expulsion d'un proton.

En ce qui concerne la classification proprement dite, on peut placer les noyaux dans un tableau à double entrée, les noyaux d'une même ligne ayant même nombre de demi-hélions, c'est à dire étant isotopes au sens de la classification de Mendeleeff, et ceux d'une même colonne ayant même nombre de neutrons.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *L'utilisation rationnelle de la chaleur solaire.* Note [1] de M. **H. Barjot**, présentée par M. L. Lecornu.

La condition primordiale pour une utilisation pratique de la chaleur solaire est la possibilité d'aménager de façon suffisamment économique des surfaces d'insolation considérables; étant donnée en effet la valeur relativement faible de la constante solaire, les récepteurs doivent avoir des dimensions énormes.

Les systèmes proposés jusqu'à maintenant comportaient tous l'emploi de miroirs ou de verres à vitre; ils ne pouvaient satisfaire à cette condition : le prix du matériel, du transport et de l'installation est considérable; de plus, les miroirs perdent vite leur poli, le mauvais temps amène des bris de verre : les dépenses d'exploitation sont prohibitives.

Le problème se trouve simplifié aujourd'hui du fait que des turbines peuvent s'accommoder d'une différence de température de 10°. On peut donc envisager une utilisation pratique de la chaleur solaire au moyen d'un matériel simplifié; et, à ce sujet, nous pensons qu'il serait intéressant de tirer profit de l'échauffement qu'acquièrent par insolation des couches d'eau simplement recouvertes d'un film huileux.

Ceci est mis en évidence par l'expérience suivante réalisable d'ailleurs sous nos latitudes méridionales pendant le mois de juin.

On opère sur le bord de la mer dont la température, à quelques dizaines de mètres, demeure constante à 20° et constitue par conséquent une source froide toujours égale. De l'eau puisée en surface (à 24°) est disposée sur fond noir en couche d'une épaisseur de 12 centimètres et recouverte d'une lame d'huile transparente. Soumise au rayonnement solaire par temps calme et sous un ciel parfaitement découvert, sa température s'élève jusqu'au voisinage de 50° vers 3h de l'après-midi, la température de l'air ne dépassant pas alors 35° à l'ombre.

La lame d'huile superficielle permet de réaliser à très bon compte un « effet de serre » ; la cloison étanche qu'elle constitue entre l'eau et l'air assure la conservation de tout cet excès d'énergie thermique essentiellement utilisable qui se trouverait complètement perdu si l'on opérait avec une couche d'eau nue.

Dans les pays tropicaux, pendant la saison sèche tout au moins, il serait

---

(1) Séance du 7 mars 1932.

donc possible d'obtenir chaque jour une certaine quantité d'eau chaude dont la température dépasserait de près de 30° celle des masses naturelles, rivières, lacs, qui demeure autour de 26°. En opérant sur les côtes, on pourrait encore élargir cet écart en utilisant comme source froide, non point l'eau de surface à 26° environ, mais celle beaucoup plus fraîche que l'on puiserait immédiatement au-dessous de la couche dite de variations, dont l'épaisseur ne dépasse jamais 200^m. Dans l'Atlantique, en particulier, on dispose d'une eau à 15° dès 150^m de fond, ce qui est une profondeur très accessible.

Les régions désertiques comme le Sahara nécessiteraient, à défaut de sources artésiennes, la mise en œuvre d'une masse d'eau de réserve qui serait régulièrement refroidie par exposition nocturne, ce qui permettrait de tirer profit d'écarts de température atteignant en général 50° par 24 heures.

La réalisation des surfaces d'insolation serait particulièrement simple : des sols plans (savanes) sont courants sous les tropiques : un travail aisé permettrait de les transformer en une surface noire et imperméable analogue à celle de nos routes bitumées; des superficies considérables s'obtiendraient par juxtaposition de surfaces élémentaires de 100^{m^2} par exemple. La couche d'eau serait disposée à même le sol, dont la conductibilité thermique est toujours très faible. Les huiles végétales, abondantes sous les tropiques, permettraient de constituer la lame de revêtement et remédier aux pertes par évaporation.

Le cycle opératoire serait le suivant : lorsque l'eau insolée aurait atteint sa pointe d'échauffement, on l'évacuerait dans une enceinte calorifugée; de là elle passerait, suivant les besoins, dans un bouilleur à basse pression où sa température s'abaisserait de 15° environ, puis elle retournerait dans l'enceinte calorifugée avant l'insolation suivante qui se trouverait porter par conséquent sur une eau ayant conservé un excès de 10 à 15°. On pourrait de ce fait augmenter jusqu'à 20 centimètres l'épaisseur de la couche d'eau exposée, en tablant toujours sur une différence de température finale de 30° avec la source froide.

L'expérience montre que 2500 à 3000 calories peuvent ainsi être emmagasinées par jour et par mètre carré de surface horizontale; c'est donc, pour un carré de 50 mètres de côté, l'équivalent d'une tonne de houille. Supposant cette chaleur intégralement utilisée dans le bouilleur, ce serait avec un rendement thermodynamique de 2,5 pour 100, une production quotidienne de près de 200 kilowatts-heure.

En dehors de la production d'énergie mécanique, certaines industries opérant sous les tropiques pourraient utiliser ce système d'insolation pour

économiser un combustible toujours coûteux; ce serait le cas, en particulier, de l'industrie nitratière chilienne dont les procédés de raffinage actuels exigent de grandes quantités d'eau à une température de 50°.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le spectre des rayons γ des dérivés du radiothorium.* Note [1] de M. D. **Skobelzyn**.

Les renseignements obtenus jusqu'à présent sur le spectre γ émis par les dérivés du radiothorium proviennent exclusivement de l'étude du spectre naturel des rayons β. Cette méthode en vue de la structure du spectre primaire étant en principe indirecte, une vérification des résultats paraît indispensable. J'ai attaqué le problème en utilisant la méthode de la chambre de Wilson, appliquée antérieurement dans les recherches sur le spectre du Ra (B + C) et décrite à cette époque [2].

Ayant en vue l'étude de l'effet Compton, j'ai utilisé des rayons filtrés (par 30^{mm} de plomb). J'ai eu à ma disposition une préparation de RTh d'une intensité exceptionnelle, équivalent à 80^{mg} Ra.

La méthode de Wilson, adaptée en vue des observations dans un champ magnétique homogène de 1800 gauss, permet de mesurer la courbure des trajets photographiés et d'en déduire l'énergie des électrons Compton secondaires. L'angle d'émission (l'angle de projection) étant déterminé en même temps à l'aide d'un stéréocomparateur Pulfrich, on déduit de ces données l'énergie $h\nu$ correspondant au quantum primaire. La figure 1 fait connaître la répartition statistique obtenue.

Les faits suivants doivent être notés :

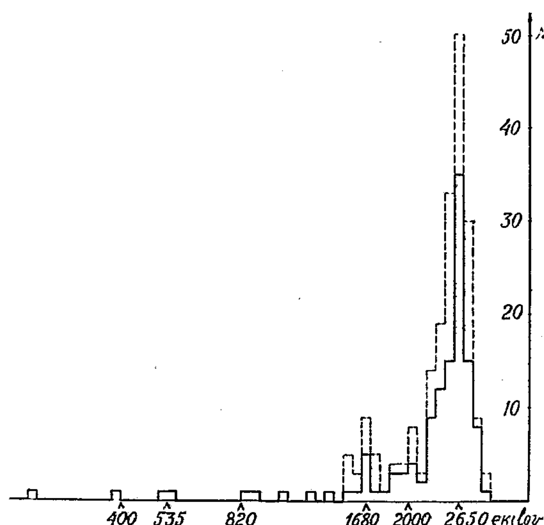
1° Tandis que le maximum principal correspond exactement à la forte raie ($h\nu = 2650$ kv.) connue de ThC'', le diagramme fait nettement apparaître dans la région des hautes fréquences deux maxima supplémentaires ($h\nu = 2000$ et 1650 kv. environ. Aucune raie correspondante du spectre photoélectrique n'a été obtenue. L'un de ces maxima n'est pas parfaitement séparé du groupe le plus intense. Il n'y a cependant pas de raison pour que le diagramme en trait plein représente tous les cas observés pour lesquels la direction d'émission du rayon β faisait un angle $\delta \leq 10°$ avec la direction du faisceau primaire.

(1) Séance du 11 avril 1932.

(2) *Zs. f. Phys.*, 43, 1927, p. 354; 58, 1929, p. 595.

La réduction de la zone angulaire est faite en vue d'augmenter le pouvoir séparateur de la méthode, l'influence des erreurs de mesures des angles étant trop élevée pour les rayons de $h\nu = 2650$ kv. et $\delta > 10°$. Le facteur de sensibilité n'est pas constant maintenant, de sorte que les composantes plus dures sont quelque peu favorisées.

2° Il ressort de la comparaison de la série envisagée de RTh avec les résultats obtenus pour une préparation de MsTh + RTh, que l'éventualité de la contamination, dans le premier cas, par MsTh présent dans la préparation utilisé, doit être considérée comme exclue.



Bien que le pouvoir séparateur de la méthode ne soit pas élevé, on peut néanmoins établir les limites des erreurs possibles. En envisageant en effet plus en détail la répartition du côté des grandes vitesses, on constate une décroissance régulière exactement selon la courbe des erreurs de Gauss (correspondant à une erreur probable de 3,5 pour 100) [1].

---

(1) Cela rend probable qu'il n'existe pas de satellites du côté des hautes énergies. Par contre on constate une dissymétrie et un élargissement certainement systématique, vers les valeurs décroissantes de $H\rho$. La répartition, examinée en détail, semble favorable à l'éventualtté de la superposition d'une énergie étrangère à la raie principale, de l'ordre de 10 pour 100 de celle-là, la différence de fréquences en question étant en moyenne aussi de l'ordre de 10 pour 100. On pouvait penser à une contamination par le rayonnement dégradé produit dans le filtre et le système canalisateur. Le calcul approximatif ne laisse cependant pas prévoir un pareil effet (surpassant 1-3 pour 100 toutefois).

Pour augmenter la précision statistique, les résultats d'une autre série (rayons de MsTh + RTh) sont superposés (ligne pointillée). La contribution de $MsTh_2$ est probablement insignifiante dans cette région. La certitude est enfin encore sensiblement augmentée si l'on tient compte des trajets observés avec $\delta > 10°$.

L'intensité relative des deux composantes signalées ne peut être appréciée que par son ordre de grandeur. On est conduit aux chiffres suivants (l'effet de filtration étant presque sans influence) :

Intervalles spectraux.	Nombres d'électrons observés. $\theta = 0°-10°$.	$0°-20°$.	Intensité relative (nombres de quanta).
3000-2200 kv.	95	148	1
2200-1800 » (¹)	13	25	0,15
1800-1450 »	8	14	0,1

Les résultats statistiques concernant la contribution des rayons plus mous sont insuffisants. Les données sur la région $h\nu > 400$ kv. semblent compatibles avec les indications de la méthode photo-électrique. Par contre les deux électrons observés avec $h\nu < 400$ kv. sont dus à une sorte de contamination (cette partie du spectre serait complètement absorbée par le filtre).

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la centrifugation des solutions alcalines de polonium.* Note [1] de Mlles C. **Chamié** et **A. Korvezee**, présentée par M. Jean Perrin.

Des travaux antérieurs [2] avaient montré comment précipite le polonium par centrifugation des solutions acides et des solutions neutres sans entraîneurs ou bien en présence d'électrolytes. Plusieurs auteurs [3] ont montré que le polonium est précipité par les alcalis dilués et est soluble dans les alcalis forts. Récemment, M. Haïssinsky [4] avait montré comment la précipitation du polonium augmente quand l'alcalinité de la solution

---

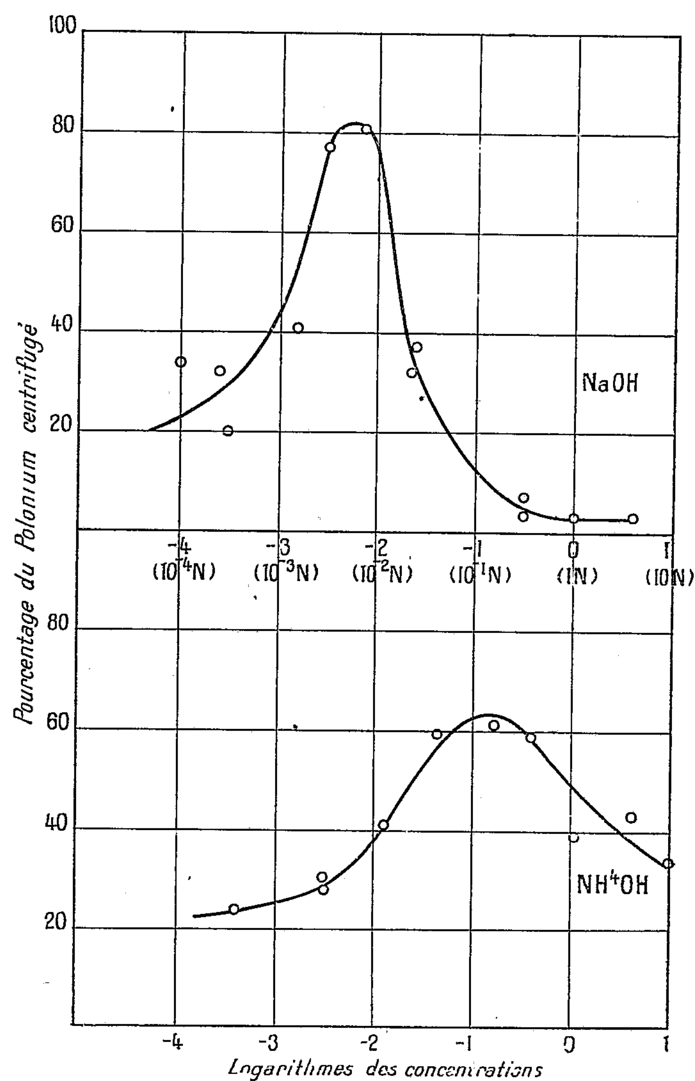
(1) Séance du 18 avril 1932.

(2) Mlle C. Chamié et M. Guillot, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1187; M. Guillot, Thèse de Doctorat, *J. Ch. Phys.*, **28**, 1931, p. 14; Mlles C. Chamié et A. Korvezee, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1227.

(3) Mlles M. Blau et E. Rona, *Sitzung. Akad. Wissen. Wien*, II*a*, **139**, 1930, p. 275; M. Guillot, *Loc. cit.*

(4) M. Haïssinsky, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 275.

sodique diminue. D'autre part O. Werner (¹), dans une étude sur la centrifugation de ThB et ThC, avait montré qu'il y avait pour chaque milieu



acide et alcalin une concentration bien définie à laquelle la précipitation de chaque radioélément est maximum. Il était donc intéressant de voir si l'on pouvait préciser ces maxima pour les solutions alcalines de polonium.

(¹) O. WERNER, *Zeitschr. physik. Chem.*, 156, 1931, p. 89.

Nous avons fait des expériences avec l'ammoniaque de concentration variant entre 3/10000 normale et 10 normale et avec la soude de concentration entre 1/10000 normale et 4 normale. De grands soins ont été apportés pour la préparation de solutions neutres très pures de polonium. On a préparé, en outre, des solutions alcalines de concentrations connues qu'on a centrifugées dans de petits tubes, pendant 1 heure, pour faire disparaître toutes les impuretés accidentelles insolubles, puis on y a ajouté une goutte de solution neutre qui contenait 1,5 U.E.S. de Po. Les tubes qui contenaient $2^{cm^3},5$ de liquide, étaient fermés par des bouchons de liège et centrifugés à raison de 3200 tours par minute pendant 1 heure. On a évalué ensuite la quantité de polonium déposée sur les parois et celles restées en solution par des mesures électrométriques suivant la méthode décrite ultérieurement (1).

Les résultats sont représentés par les courbes de la figure 1, faites sur plusieurs expériences. Ces courbes mettent en évidence l'existence d'un maximum de polonium centrifugé qui a lieu à 0,1 normale pour l'ammoniaque et à 0,007 normale pour la soude. Elles montrent de plus que le polonium n'est pas précipitable par les solutions fortement basiques; par contre, les solutions faiblement alcalines précipitent une fraction de polonium, mais ce n'est que dans une région assez limitée (entre 2/100 N et 2/1000 N, pour la soude) que la précipitation du polonium devient importante.

ÉLECTROCHIMIE. — *Formation de l'acétylène à partir du méthane sous l'influence des étincelles condensées à basse pression.* Note de M. **Pierre Montagne** (1), présentée par M. H. Le Chatelier.

Poursuivant l'étude de l'action chimique de l'étincelle condensée sur les gaz composés, nous avons appliqué à la décomposition du méthane une méthode exposée dans des Notes antérieures (1). Le gaz était enfermé sous faible pression (de 1 à 11^{mm} de mercure), dans un tube laboratoire à l'intérieur duquel on pouvait faire éclater l'étincelle de décharge d'un

---

(1) P. Jolibois, H. Lefebvre et P. Montagne, *Action de l'étincelle condensée sur le gaz carbonique sous pression réduite* (*Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 608; **182**, 1926, p. 1026 et 1145; **183**, 1926, p. 784; **184**, 1927, p. 323 et 522; **186**, 1928, p. 948 et 1119).

condensateur de capacité variable. La mesure de la pression du gaz avant et après le passage des étincelles et l'analyse chimique du produit de la réaction nous donnaient le moyen d'établir le bilan de la réaction.

Le méthane soumis à l'étincelle condensée sous faible pression se décompose en grande partie suivant la réaction



$$2CH^4 = C^2H^2 + 3H^2. \quad (1)$$

Cette réaction absorbant de la chaleur (90,5 Calories), on peut calculer le rendement en énergie chimique de l'énergie électrique employée pour la produire. D'autre part plusieurs réactions se superposent à celle-ci : la décomposition de l'acétylène formé en carbone et hydrogène, la condensation de l'acétylène sous forme d'une matière solide mal définie et la formation de petites quantités de carbures saturés et éthyléniques. Si l'acétylène formé demeure soumis à l'action ultérieure des étincelles, il s'ensuit que sa concentration passe par un maximum en fonction de la quantité d'énergie fournie.

La valeur et la position de ce maximum et le rendement énergétique de la réaction dépendent de la pression des gaz et de la capacité du condensateur. Le tableau suivant donne le résultat de nos mesures sous la pression initiale de 3^{mm},2 environ.

Capacité en microfarads.		Énergie fournie, en joules.									
		30.	100.	150.	250.	300.	350.	375.	450.	500.	600.
0,308	*t*......	–	–	–	33,9	–	–	–	–	–	[61,9]
	r......	–	–	–	5,25	–	–	–	–	–	[4,1]
0,363	*t*......	–	–	15,85	38,1	–	–	57,6	–	[68,6]	–
	r......	–	–	4,29	5,78	–	–	**6,14**	–	[5,17]	–
0,72	*t*......	–	18,4	37,9	–	68,3	–	–	[71,8]	–	–
	r......	–	7,83	**10,10**	–	8,95	–	–	[6,38]	–	–
2,18	*t*......	23,2	42,1	50,5	72,12	–	[77,8]	–	–	71,2	–
	r......	**31,5**	17,30	12,45	10,70	–	[8,85]	–	–	5,43	–
12,2	*t*......	–	43,6	70,3	–	[78,7]	76,7	–	69,5	–	61,8
	r......	–	18,98	16,3	–	[10,50]	8,34	–	5,94	–	4,13
28,7	*t*......	–	–	63,2	76,5	–	–	–	–	–	–
	r......	–	–	15,82	12,3	–	–	–	–	–	–

Pression : 3^{mm},2. Volume du tube laboratoire : 1300$^{cm^3}$.
Distance des électrodes : 36^{cm}.
t = proportion de méthane transformé en acétylène ; r = rendement.
Les maxima sont encadrés.

Ces nombres montrent :

1° Que la proportion maxima de méthane transformée en acétylène est atteinte d'autant plus vite et avec un rendement d'autant meilleur que la capacité de condensateur est plus grande.

2° Que l'utilisation chimique de l'énergie électrique est d'autant meilleure, à énergie égale, que la capacité est plus élevée.

Dans le régime symétrique à trait de feu, le rendement diminue quand la quantité d'énergie augmente : les étincelles successives éclatent dans un gaz déjà partiellement décomposé en détruisant elles-mêmes une partie de l'acétylène produit par les étincelles précédentes. Pour les faibles capacités le maximum constaté dans le rendement en fonction de l'énergie n'est qu'apparent : sous l'influence de la décomposition du méthane, la pression augmente et le régime de l'étincelle dissymétrique à mauvais rendement fait place au régime à trait de feu à rendement élevé.

L'augmentation de la pression influe assez peu sur la grandeur du rendement énergétique et sur la proportion maxima d'acétylène formé; elle permet seulement d'obtenir la forme d'étincelle symétrique à bon rendement avec une capacité plus petite.

Dans une autre série d'expériences, nous avons fait éclater les étincelles au sein du gaz refroidi à la température de l'air liquide. Les produits de la décomposition du méthane se condensent immédiatement sur la paroi froide échappant ainsi à l'action ultérieure des étincelles. Ces produits sont formés en grande partie d'acétylène, mais la fraction du méthane initial, transformée en carbures saturés et éthyléniques, peut atteindre 0,1 avec des capacités donnant des étincelles à forme symétrique; l'emploi de capacités plus faibles augmente encore cette proportion. Le rendement énergétique se trouve notablement diminué, les gaz refroidis absorbant davantage de chaleur dont l'effet chimique est nul.

En résumé, nous avons montré la possibilité de transformer sous faible pression le méthane en acétylène et hydrogène en utilisant l'étincelle condensée, la fraction transformée atteignant 75 pour 100, l'énergie électrique donnant un rendement en énergie chimique de l'ordre de 15 pour 100.

ÉLECTROCHIMIE. — *Comparaison des dépôts électrolytiques de zinc et de cadmium au point de vue de la protection de l'acier contre la corrosion.* Note de MM. **H. Figour** et **P. Jacquet**, présentée par M. G. Urbain.

Les mérites respectifs des dépôts de zinc et de cadmium comme protecteurs des métaux ferreux contre la corrosion ont été très souvent discutés. Cela provient pour une grande part des méthodes par lesquelles cette corrosion a été étudiée. Très souvent on l'évalue en effet par des procédés dits de corrosion accélérée, et les résultats sont étendus à d'autres procédés de corrosion tout à fait différents.

Cette Note résume les résultats d'un grand nombre d'essais systématiques entrepris dans le but de déterminer les meilleures conditions d'utilisation de ces deux types de recouvrements.

I. *Dépôts électrolytiques.* — Ils sont effectués sur des plaquettes d'acier Thomas (à 0,063 pour 100 de carbone). Nous avons fait varier les méthodes de préparation des pièces avant dépôt (dégraissage, décapage), la composition des bains (15 formules ont été employées) et les conditions de l'électrolyse (durée et densité du courant).

II. *Essais de corrosion.* — Les pièces d'acier zinguées et cadmiées ont été soumises, au nombre d'un millier, à trois sortes de corrosion :

a. Atmosphère de brouillard salin (*Salt-Spray*). Les échantillons sont placés dans une caisse close où l'on pulvérise une solution de chlorure de sodium à 25^g par litre. Température 15 à 20°.

b. Atmosphère humide et chaude. Même dispositif que pour le Salt-Spray, mais on pulvérise de l'eau distillée chaude (40°).

c. Atmosphère extérieure. Les pièces sont exposées directement aux intempéries.

III. *Résultats.* — La corrosion est évaluée :

a. Par le temps d'exposition après lequel la rouille apparaît nettement (Tableau I).

b. Par les variations des poids des pièces en fonction des durées d'exposition dans chacun des milieux de corrosion (Tableau II).

Les résultats varient légèrement avec les conditions d'obtention des dépôts. Seules les moyennes sont indiquées ici. Cependant dans le cas du zinc nous avons indiqué séparément le comportement des depôts effectués en bain à base de cyanure et en bain à base de sulfate.

TABLEAU I.

Méthode de corrosion.	Nature des dépôts.	Nombre d'heures d'exposition pour apparition de la rouille (pour des poids de dépôts de) 200 mg/dm².	400 mg/dm².	600 mg/dm².	800 mg/dm².
Salt-Spray	Cadmium...........	650	1075	1500	1740
	Zinc (B. cyanure)....	200	960	1050	1300
	Zinc (B. sulfate).....	155	615	945	1165
Atmosphère humide et chaude	Cadmium...........	897	>5550		
	Zinc (B. cyanure)....	184	395	2087	2345
	Zinc (B. sulfate).....	50	152	378	1525
Atmosphère extérieure	Cadmium...........	1056	1968	2736	5700
	Zinc (B. cyanure)....	4416	10320	>11600	

Ce tableau montre que dans le cas de la corrosion dans le brouillard salin et dans l'atmosphère humide et chaude, le cadmium est plus protecteur que le zinc. A l'atmosphère extérieure au contraire le zinc est de beaucoup le plus résistant. Ces résultats sont confirmés par les variations de poids des échantillons (avant l'apparition de la rouille).

TABLEAU II.

Méthode de corrosion.	Nature des dépôts.	Augmentation de poids (en mg par dm²) pour des durées d'exposition de : 175 h.	225 h.	465 h.	800 h.
Salt-Spray.	Cadmium...........	28	30	36	43
	Zinc (B. cyanure)....	32	37	73	103
	Zinc (B. sulfate).....	31	42	98	148
Atmosphère humide et chaude.	Cadmium...........	25	27	30	36
	Zinc (B. cyanure)....	65	77	115	150
	Zinc (B. sulfate).....	70	89	140	
		Diminution de poids (en mg/dm²) pour des durées d'exposition de : 550 h.	1150 h.	1680 h.	2200 h.
Atmosphère extérieure.	Cadmium...........	40	143	212	266
	Zinc (B. cyanure)....	0,6	3,7	22,8	34

Ces résultats montrent l'attaque très rapide du zinc dans le brouillard salin et dans l'atmosphère humide et chaude (avec formation de produits de corrosion blancs). Le cadmium ne subit qu'une faible corrosion (léger noircissement).

A l'atmosphère extérieure on constate une dissolution des métaux, très

prononcée pour le cadmium (d'où l'apparition rapide de la rouille, par mise à nu du métal de base). Cette dissolution dépend directement des conditions atmosphériques. En particulier les deux graphiques, hauteurs de pluie tombée et pertes de poids pendant les mêmes périodes, sont parallèles (déterminations faites du 5 novembre 1930 au 31 juillet 1931).

Tous ces résultats montrent l'intérêt qu'il y a à évaluer les qualités protectrices d'un recouvrement en se plaçant dans des conditions semblables à celles dans lesquelles les pièces seront utilisées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence des substitutions sur les fréquences propres des corps organiques.* Note de M. **Georges Allard**, présentée par M. R. Urbain.

R. Lucas a montré (¹) comment on peut interpréter, dans l'électromagnétisme classique, l'influence réciproque de deux chromophores en assimilant ceux-ci à deux dipôles couplés électrostatiquement. Il m'a paru intéressant de reprendre cette idée en utilisant les méthodes de la mécanique quantique; les approximations que l'on est obligé de faire pour obtenir un résultat simple ne permettent d'ailleurs pas d'expliquer le détail des phénomènes mais seulement de déterminer leur allure générale ainsi que l'ordre de grandeur.

Soient AB une molécule organique présentant une bande d'absorption pour la fréquence ν et AC une autre molécule provenant de la substitution de C à B et ayant une bande d'absorption de fréquence $\nu + \delta\nu$. Le principe de la théorie consiste à considérer le groupement A, qui sera supposé avoir une fréquence d'absorption ν_0, comme perturbé successivement par le groupement B, puis par le groupement C. Si l'état caractérisé par ν_0 n'est pas dégénéré, la mécanique quantique indique alors que $h\delta\nu$ est égal à la différence des énergies de perturbation dans les deux cas, du moins en se bornant à l'approximation du premier ordre. Souvent d'ailleurs, l'état ν_0 sera dégénéré, mais l'expérience n'indiquant pas de dédoublement sensible des bandes, nous admettrons que, dans tous les cas, on peut traiter le problème comme si l'état n'était pas dégénéré.

Il nous faut donc calculer l'énergie de perturbation d'un radical A par un autre radical B. Pour cela, nous admettrons, à titre d'hypothèse simpli-

(¹) R. Lucas, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1497.

ficatrice, que chaque liaison peut être remplacée par un dipôle électrique, l'interaction de ces dipôles créant la perturbation; les propriétés diélectriques des corps organiques, comme je l'ai montré [1], sont en effet très convenablement interprétées par cette hypothèse et il est logique d'admettre qu'elle constituera une bonne approximation dans le domaine intramoléculaire. Tout reviendra donc, finalement, à additionner des énergies d'interaction de dipôles deux à deux. Chacune de ces énergies s'obtiendra de la façon suivante : soient μ_x, μ_y, μ_z et μ'_x, μ'_y, μ'_z les composantes des moments électriques des deux dipôles, distants de R, la ligne qui les joint étant choisie comme axe des x. Un calcul simple donne, pour l'énergie d'interaction,

$$W = \frac{\mu_y \mu'_y + \mu_z \mu'_z - 2\mu_x \mu'_x}{R^3}.$$

La conséquence la plus intéressante de cette formule est la suivante : selon que l'on substituera à un hydrogène d'un corps organique un radical électropositif ou électronégatif, le signe de W sera changé et par suite, si l'un des radicaux provoque une augmentation de fréquence, l'autre devra provoquer une diminution de fréquence. C'est bien ce que vérifie l'expérience, comme l'a montré Freymann [2], pour les spectres d'absorption dans l'infrarouge.

Pour déterminer l'ordre de grandeur des effets prévus, adressons-nous au chlorobenzène C^6H^5Cl. Nous supposerons, conformément à ce qui précède, que le groupement C^6H^5 est perturbé d'abord par H, puis par Cl. Nous admettrons d'autre part que tous les moments représentatifs de C—H et C—Cl sont aux sommets d'un hexagone régulier de côté $a = 2,1$ Å [3]; soient μ et μ' les moments des liaisons C—H et C—Cl; on trouve, en appliquant la formule précédente,

$$h\,\delta\nu = -0,232 \times \frac{\mu(\mu' - \mu)}{a^3}.$$

Or l'expérience donne $\mu' - \mu = 1,5.10^{-18}$ et $\delta\nu = 13,8.10^{11}$. On en

(1) ALLARD, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1455.

(2) FREYMANN, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1471.

(3) La diffraction des rayons X et des électrons par la vapeur de benzène a montré que celui-ci est un hexagone de côté 1,39 Å. Si l'on admet qu'il est constitué par six sphères accolées dont les centres sont à 1,39 Å l'un de l'autre, et que les moments électriques sont sur ces sphères, on trouve que deux moments contigus sont distants de $1,39 \times 3/2 = 2,1$ Å.

conclut

$$\mu = -0{,}25.10^{-18}.$$

L'hydrogène est bien positif par rapport au carbone comme on pouvait s'y attendre, et le moment ainsi calculé pour la liaison C—H paraît tout à fait raisonnable.

Lorsqu'on passe au bromobenzène, la liaison C—Br a le même moment que la liaison C—Cl; on trouve néanmoins un déplacement de bande moins important que pour le chlorobenzène; ceci s'explique en admettant, comme il est naturel, que l'atome de brome est plus gros que celui de chlore et que la distance R qui entre dans la formule précédente est aussi plus grande.

La même théorie doit évidemment s'appliquer à l'effet Raman et l'on doit s'attendre à observer dans ce cas un phénomène analogue. C'est effectivement ce qu'a observé Bourguel [1] dans le cas des dérivés de l'éthylène, mais on doit remarquer que le sens des déplacements est alors l'inverse du précédent. L'explication de ce fait me semble être la suivante : la raie Raman étudiée par Bourguel est caractéristique de la double liaison C = C qui, au point de vue diélectrique, se comporte comme possédant un moment électrique nul; le procédé de calcul de l'énergie perturbatrice développé ci-dessus est donc en défaut dans ce cas et il faut entrer plus profondément dans le détail du mécanisme. On peut essayer de se représenter la liaison en intercalant, entre les deux carbones, les électrons de valence, de sorte que le moment nul de la liaison carbone-carbone résulterait de la neutralisation de deux moments partiels, égaux et opposés, caractérisant une liaison carbone-électrons, liaison dans laquelle le carbone serait évidemment positif. En appliquant le mode de calcul précédent à ce modèle, on trouve bien alors que le sens du déplacement doit être celui qu'a observé Bourguel puisque alors le carbone est positif tandis qu'il était négatif dans les liaisons C — H étudiées plus haut.

Il faut encore rapprocher de tout ceci le fait, observé par Bourguel et Daure [2], que, dans le cas des composés acétyléniques, le déplacement a toujours lieu dans le même sens, que le groupement substituant soit un radical alcoolique ou un halogène, et correspond à une augmentation de fréquence comme quand on substitue un radical alcoolique dans un éthylé-

(1) Bourguel, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 934

(2) Bourguel et Daure, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1298; *Bull. Soc. Chim.*, 47, 1930, p. 1349.

nique. Comme la théorie précédente doit être applicable, on est conduit à cette conclusion que les halogènes eux-mêmes doivent être positifs par rapport au carbone acétylénique. Le groupement acétylénique doit donc être considéré comme fortement électronégatif, ce qui semble corroboré par le caractère acide bien connu des carbures acétyléniques monosubstitués.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation du phosphate trimagnésien.* Note (¹) de M. **Ch. Zinzadzé**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Lors de nos recherches sur les mélanges à pH stable pour la nutrition artificielle des plantes cultivées (²), nous avons utilisé les phosphates tribasiques de chaux et de magnésie comme tampons; mais, dès le début de ces recherches, nous avons constaté que les produits vendus sous ces noms ne correspondent jamais à la formule théorique, ils contiennent souvent du biphosphate ou un excès de base. Ce fait connu a été signalé aussi par A. Demolon, Ungerer (³) et d'autres auteurs.

Nous avons donc été amené à étudier la préparation de ces phosphates. Celle du phosphate tricalcique étant indiquée dans notre travail (²), nous ne donnerons ici que nos recherches sur la préparation du phosphate trimagnésien.

D'après les recherches de différents auteurs (⁴), pour obtenir



$$(PO^4)^2Mg^3 . 22H^2O,$$

il faut prendre des solutions très étendues. Mais on ne voit pas la raison de ce mode de préparation. On pourrait plutôt supposer que le rôle principal appartient ici à la réaction du milieu et non à la dilution, car on sait que la troisième fonction acide de l'acide phosphorique est remplaçable vers un pH voisin de 13 ; autrement dit, si l'on mélange les sels de magnésium et

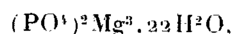
(¹) Séance du 18 avril 1932.

(²) Ch. Zinzadzé, *Recherches sur la nutrition artificielle des plantes cultivées. Nouveaux mélanges nutritifs à* pH *stable.* Thèse de doctorat de l'Université de Paris, 1932, p. 20.

(³) A. Demolon, *Ann. Sc. Agronomiques*, 40, 1923, p. 15; E. Ungerer, *Zeitschr. f. Pflanzenern. Düngung und Bodenkunde*, A. 7, 1926, p. 352; A. 9, 1927, p. 321.

(⁴) C. Stein, *Uber alkal. Harn.*, Diss. Leipzig, 18, 1876, p. 18; Travers et Perron, *Annales de Chimie*, 1, 1924, p. 163; Abbeg, *Handbuch anorg. Chem.*, II, 2, 1905, p. 438; Gmelin-Kraut, *Handb. anorg. Chem.*, II, 2, 1909, p. 438; M. Wrangell und E. Koch, *Landw. Jahrb.*, 63, 1926, p. 685.

d'acide phosphorique dans les proportions de la formule

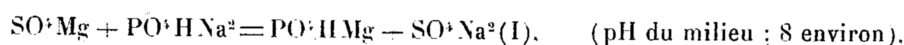


$$(PO^4)^2Mg^3.22H^2O,$$

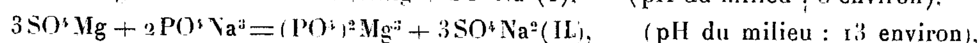
on n'obtiendra cette combinaison que si le pH = 13,0.

Nous avons donc étudié l'influence : 1° de la dilution; 2° du pH du milieu; 3° du rapport de P^2O^5 à MgO; 4° de la température sur la préparation de $(PO^4)^2Mg^3.22H^2O$.

Nous avons constaté que : *a.* en acidifiant le milieu, on obtient un mélange de phosphate tri- et bimagnésien. La quantité de phosphate bimagnésien dans ce mélange augmente avec l'acidité et quand la réaction atteint le pH = 8,0, on obtient seulement du phosphate bimagnésien. On a donc les réactions suivantes :



$$SO^4Mg + PO^4HNa^2 = PO^4HMg + SO^4Na^2 \text{(I)}, \quad \text{(pH du milieu : 8 environ)},$$



$$3SO^4Mg + 2PO^4Na^3 = (PO^4)^2Mg^3 + 3SO^4Na^2 \text{(II)}, \quad \text{(pH du milieu : 13 environ)},$$

suivant le pH et les quantités de P^2O^5 nécessaires pour une même quantité de SO^4Mg.

b. On obtient $(PO^4)^2Mg^3.22H^2O$ pur seulement quand on prend SO^4Mg et PO^4Na^3 dans le rapport moléculaire de la réaction (II).

Mode de préparation de $(PO^4)^2Mg^3.22H^2O$. — D'après les essais ci-dessus il faut prendre 100^g de SO^4Mg + 90^g de PO^4Na^3 (1). [On prépare une solution aqueuse de 20 pour 100 de SO^4Mg (densité à 15° = 1,222) et une solution aqueuse à 9 pour 100 de PO^4Na^3 (densité à 15° = 1,1) (2).]

Dans un vase (3) de 1800$^{cm^3}$ environ, on verse 500$^{cm^3}$ de SO^4Mg, puis on ajoute (en agitant) 1000$^{cm^3}$ de PO^4Na^3. On obtient ainsi un précipité blanc gélatineux qui, après agitation pendant 1 à 2 minutes, devient plus fluide. On marque le niveau supérieur, puis on décante le liquide clair. On ajoute au précipité de l'eau distillée jusqu'au niveau marqué, on agite, et on laisse reposer 2 à 3 heures. On décante à nouveau, etc. On répète la décantation

(1) Les quantités de sels indiquées donnent environ 110^g de $(PO^4)^2Mg^3.22H^2O$ pur.

(2) Comme SO^4Mg et PO^4Na^3 du commerce contiennent des quantités variables d'eau, il est pratique de déterminer la concentration d'après la densité. La solution de PO^4Na^2 à 9 pour 100 (D = 1,1) est presque saturée; fraîchement préparée elle est un peu trouble. C'est pourquoi il vaut mieux la laisser reposer quelques heures, et décanter le liquide clair.

(3) Pour la décantation, il est plus commode d'effectuer la précipitation dans des vases hauts et étroits.

(30-40 fois) jusqu'à disparition (¹) complète de la réaction de SO^4. Puis on répète la décantation encore trois fois; on filtre à l'aide d'une trompe à vide, on lave encore une fois à l'eau, on sèche entre des feuilles de papier filtre et ensuite à l'air à la température ordinaire jusqu'à 30°. Le séchage au soleil et à température supérieure à 30° n'est pas recommandable, car la quantité d'eau de cristallisation serait inférieure à celle donnée par la formule.

La composition du phosphate obtenu est la suivante :

	Observée pour 100.	Calculée pour 100.
P^2O^5	21,5	21,6
MgO	18,2	18,2
H^2O	60,2	60,2
Total	99,9	100,0

MÉTALLURGIE. — *Principes de traitement des minerais de nickel.* Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Jusqu'à présent le traitement des minerais oxydés de nickel est resté obscur. Les praticiens, habitués aux règles relativement simples de la métallurgie du cuivre et du plomb, éprouvent de grandes difficultés dès qu'ils ont à fondre des minerais de nickel. Ces derniers, bien que traités dans des appareils identiques, diffèrent des minerais de plomb et de cuivre par leur nature et par le mécanisme des réactions mises en jeu pendant la fusion.

Le traitement des minerais sulfurés de cuivre, par exemple, se réduit à une simple scorification des gangues. La seule préoccupation du métallurgiste est d'obtenir la scorie aussi fusible que possible. Aucune difficulté non plus dans la fusion réductrice des minerais de plomb grillés, où l'addition de produits ferrugineux permet d'augmenter la fusibilité de la scorie en même temps que de compléter la réduction des silicates de plomb.

Au contraire, dans le traitement des minerais oxydés de nickel, la grande fusibilité des scories n'est pas recherchée. Celle-ci entraînerait à une fusion trop rapide, donc une réduction insuffisante des silicates de

(¹) Il est indispensable d'effectuer la décantation jusqu'à disparition de la réaction de SO^4; car il est impossible de bien laver le précipité par filtration.

nickel. D'autre part, ces minerais ne contenant pas naturellement de soufre, l'addition obligatoire de matières sulfurantes (gypse le plus souvent) complique les réactions des water-jackets et trouble l'interprétation des phénomènes observés. Enfin, un excès de température peut provoquer la désulfuration spontanée de la matte ainsi que le déferrage complet de la scorie, par suite leur solidification et l'obstruction du four.

Dans cette étude, je prends à titre d'exemple un minerai asiatique contenant après calcination au rouge : Ni = 10,3; Fe = 7,02; MgO = 5,6; Al^2O^3 = 22,40; SiO^2 = 42,5 pour 100.

1. Étudions d'abord la réduction du nickel en fonction des quantités de coke introduit dans le lit de fusion constitué par 100 parties de minerai et 20 parties de chaux vive, le tout en poudre, mélangé intimement. Voici les résultats des expériences de laboratoire :

Proportions de coke		2	3	4	5	6 parties
Composition du métal	Ni	90,1	87,0	80	77,2	74,6 pour 100
	Fe	9,2	13,2	19,4	22,3	26,0 » »
Teneur en Ni de la scorie		2,16	0,72	0,47	0,40	0,38 » »

Ainsi nous ne pouvons pas réduire le nickel sans réduire le fer et la proportion de ce dernier dans le métal est d'autant plus élevée que la proportion de nickel restant dans la scorie est plus faible.

2. Ayant fixé la proportion du réducteur à 5 parties, faisons varier la proportion de chaux :

Proportions de chaux		0	10	15	20	30 parties
Composition du métal	Ni	88,1	86,4	84,9	77,2	75,3 pour 100
	Fe	12,0	13,1	14,9	22,3	25,1 » »
Teneur en Ni de la scorie		1,82	1,40	0,88	0,40	0,24 » »

On voit que l'addition de cette base a pour effet de diminuer très sensiblement les pertes de nickel dans la scorie. Cela résulte de l'augmentation de la vitesse de réduction, la vitesse de fusion restant la même. L'expérience prouve qu'on arrivera aux mêmes résultats en supprimant la chaux et en opérant la fusion de plus en plus lentement. Malheureusement, cette dernière méthode ne présente qu'un intérêt pratique limité, car le water-jacket est essentiellement un appareil de fusion rapide.

3. Après avoir fixé la proportion du coke à 5 et celle de la chaux à 20 parties, faisons varier la composition du minerai. Dans ce but, remplaçons partiellement le minerai peu ferrugineux, dont la composition ci-dessus a été donnée par du minerai plus ferrugineux (à 12 pour 100 de Fe).

Proportions de minerai ferrugineux..		0	15	30	50 parties
Composition du métal	Ni........	77,2	68,0	64,2	54,3 pour 100
	Fe.........	22,3	31,5	36,1	45,5 »
Teneur en Ni de la scorie...........		0,40	0,60	0,81	1,32 »

Nous notons, d'une part, l'augmentation de la teneur en Fe du métal, et de l'autre l'accroissement de la teneur en Ni de la scorie. Donc, contrairement à ce qui se passe dans la métallurgie du plomb, l'addition de produits ferrugineux n'améliore pas la réduction des silicates de nickel, mais au contraire la rend plus difficile.

4. Remplaçons maintenant partiellement la chaux par des quantités équivalentes (en CaO) de sulfate de chaux.

Proportions de gypse...............		0	7,5	15	30 parties
Composition du métal	S..........	0,45	13,2	19,8	25,3 pour 100
	Ni.........	77,2	68,3	66,7	64,5 »
	Fe.........	22,3	19,4	13,7	9,5 »
Composition de la scorie	S..........	0,02	0,06	0,06	0,12 »
	Ni.........	0,40	0,96	1,32	1,04 »

De ces dernières expériences, nous tirons deux conclusions importantes : *a*. la quantité de soufre fixé par la matte n'augmente pas proportionnellement à la quantité de gypse introduit dans le lit de fusion, c'est pourquoi il est inutile d'en introduire plus du double de la quantité de nickel contenu dans le minerai; *b*. le remplacement de la chaux par le sulfate de chaux tend à élever la teneur en Ni de la scorie.

La méconnaissance de ces principes conduit nombre de métallurgistes à des résultats de fusion déplorables : pertes en nickel s'élevant à 25-30 pour 100 du poids du métal contenu dans le minerai; gaspillage de coke atteignant plus de 40 pour 100 du poids du minerai traité; four s'éteignant spontanément après quelques jours de marche seulement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode de dosage des aldéhydes, basée sur les réactions de Cannizzaro et de Claisen*. Note (¹) de MM. **L. Palfray**, **S. Sabetay** et Mlle **Denise Sontag**, présentée par M. M. Delépine.

On sait que, dans le dosage des éthers-sels des huiles essentielles, les aldéhydes qui pourraient être présents sont plus ou moins gênants, suivant leur

(¹) Séance du 11 avril 1932.

quantité, leur réactivité chimique et surtout suivant les conditions de température et de durée de chauffe. On est en droit de penser que le milieu alcalin favorise la réaction de Cannizzaro, dont la superposition à la saponification proprement dite fausse l'indice d'éthers trouvé. Une méthode de dosage des aldéhydes, basée sur la réaction de Cannizzaro, ne semble pas avoir été élaborée.

En milieu alcalin, les aldéhydes peuvent subir la réaction d'aldolisation et la réaction de Cannizzaro, celle-ci étant exprimée par la formule globale



$$2RCHO + KOH \rightarrow RCOOK + RCH^2OH$$

où l'on envisage comme produit intermédiaire l'éther-sel $RCOOCH^2R$. Il semble que la réaction de Cannizzaro est bien plus générale qu'on ne l'admettait autrefois, car par élévation convenable de la température, certains aldéhydes qui, dans les conditions ordinaires ne forment que des aldols, aboutissant au mélange acide + alcool [1].

Une réaction analogue à celle de Cannizzaro est celle de Claisen [2]. Sous l'influence du méthylate de sodium, l'aldéhyde benzoïque se transforme en acide benzoïque et alcool benzylique. Comme produit intermédiaire, il se forme également un éther-sel qu'on peut isoler en chauffant, par exemple, l'aldéhyde benzoïque en présence d'alcool benzylique contenant nn peu de sodium dissous.

Or chauffer un aldéhyde avec de la potasse alcoolique signifie le soumettre tout à la fois aux réactions de Cannizzaro et de Claisen. L'éther-sel formé au début se saponifiant ensuite, on aura à la fin la même réaction globale $2RCHO + KOH \rightarrow RCOOK + RCH^2OH$. L'expérience nous a montré que, sous l'action de la potasse éthylique ou butylique, ces réactions ne s'effectuent pas de façon quantitative. On peut soupçonner ici le rôle de la température, trop basse pour les alcools inférieurs.

En conséquence, la potasse benzylique, préconisée par l'un de nous pour le dosage des halogènes dans les corps aliphatiques ou hydro-aromatiques [3], ou pour le dosage des acétamides difficilement saponifiables [4], semblait convenir au dosage des aldéhydes. D'un prix modique, permettant des concentrations variables, de point d'ébullition supérieur

(1) R. C. Elderfield, *Journ. of Chemical Education*, 7, 1930, p. 594.

(2) L. Claisen, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 20, 1887, p. 649.

(3) S. Sabetay et J. Bléger, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 45, 1930, p. 114.

(4) S. Sabetay et J. Sivadjian, *Journ. Pharm. et Chimie*, 8e série, 13, 1931, p. 530.

à 200°, la potasse benzylique présente de réels avantages sur les autres alcoolates. Chauffés à reflux avec de la potasse benzylique N/2, bon nombre d'aldéhydes subissent plus ou moins quantitativement les réactions de Cannizzaro et de Claisen. *Les aldéhydes aromatiques réagissent quantitativement.* Deux molécules d'aldéhyde consomment une molécule d'alcali, soit 1000^{cm^3} KOH N/2 par molécule d'aldéhyde. Du nombre de centimètres cubes de potasse benzylique employée, on peut déduire le titre de l'aldéhyde.

Le mode opératoire est le suivant : dans une fiole conique de 150^{cm^3} en verre vert ou en verre d'Iéna (1), on pèse $1\text{-}2^g$ d'aldéhyde, on ajoute $20\text{-}25^{cm^3}$ de potasse benzylique N/2 (2), on ferme par un bouchon muni d'un long tube, et chauffe à douce ébullition pendant 2 heures et demie. En même temps et dans les mêmes conditions de chauffe, on exécute un essai-témoin (3). Ensuite, on ajoute de l'eau et titre en retour avec la phénolphtaléine comme indicateur. La différence entre le nombre de centimètres cubes employés dans l'essai et le témoin donne le nombre de centimètres cubes d'alcali employés : on créera ainsi pour les aldéhydes un nouvel indice que nous définirons ultérieurement.

A titre documentaire, voici quelques exemples :

	Poids en gr.	cm^3 KOH N/2 trouvé.	cm^3 KOH N/2 calculé.
Aldéhyde benzoïque (fraîchement distillé)....	1,0356	9,60	9,76
» anisique » »	1,2671	9,40	9,31
» toluylique » »	1,1854	9,7	9,88
» cuminique » »	1,5133	10,35	10,22
» salicylique » »	1,1280	9,35	9,24 (4)

Nous avons appliqué cette méthode pour le dosage des aldéhydes à des mélanges synthétiques : aldéhyde anisique + anéthol; ou naturels : aldéhyde cuminique dans l'essence de cumin. Dans ce dernier cas, les méthodes existantes laissent beaucoup à désirer.

---

(1) Si grands que soient les progrès réalisés récemment dans la fabrication de l'outillage de laboratoire, on n'a pas encore créé un verre résistant aux solutions alcalines chaudes. C'est pour ce motif que les verres acides, par exemple Pyrex, Sibor, sont à rejeter pour ce genre de dosages.

(2) On tient nécessairement compte de l'acidité due à l'autoxydation de l'aldéhyde. La potasse benzylique se prépare en dissolvant à chaud la potasse dans l'alcool benzylique. Après refroidissement, on filtre.

(3) La seule difficulté est d'avoir des témoins constants.

(4) Dosage à la touche à cause de la coloration foncée.

Bien que nos essais ne soient pas terminés, nous avons tenu à publier la présente Note, MM. S. Frey, Y. Uber et W. Price (¹), qui étudient le mécanisme de la réaction de Cannizzaro sur l'aldéhyde formique, annonçant leur intention d'en étendre l'application aux autres aldéhydes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les chlorures d'acides arylsulfuriques* $Cl.SO^2.OAr$. Note de MM. **M. Battegay** et **L. Denivelle**, présentée par M. M. Delépine.

Le chlorure de sulfuryle, qui se comporte comme chlorure de l'acide chlorosulfonique dans la préparation des N-chlorosulfonylamides et sulfonamides (²), peut réagir également sous cette forme, contrairement aux indications de Steinkopf, Mieg, Herold (³) ainsi que de Th.-H. Durrans (⁴), dans l'action sur les phénates alcalins. Cette marche de la réaction permet la préparation des chlorures d'acides arylsulfuriques $Cl.SO^2.OAr$ qui font l'objet de la présente Communication.

Rappelons qu'à froid, le chlorure de sulfuryle est sans action sur les phénols, et qu'à chaud, il conduit aux chlorophénols (⁵). Les phénates alcalins réagissent, par contre, déjà à basse température et conduisent en milieu anhydre, comme nous venons de le dire, aux chlorures d'acides arylsulfuriques correspondants. L'emploi de températures plus élevées correspond aux conditions de travail des auteurs précités et fournit dans le cas du phénol, le parachloro- et le tétrachlorphénol.

Le mode de préparation du chlorure de l'acide phénylsulfurique ou chlorosulfate de phényle, par exemple, consiste à introduire, petit à petit, en agitant bien, dans une solution benzénique de chlorure de sulfuryle (1,25 mol/g) maintenue entre 0 et 5°, la bouillie de phénate de sodium (1 mol/g) que l'on obtient par action de sodium métallique sur la solution également benzénique du phénol. La bouillie à peine introduite se fluidifie et mène, en fin d'opération, à une liqueur brune. Celle-ci, lavée à l'eau et à la soude caustique diluée et glacée, est décantée, puis desséchée au moyen de chlo-

(¹) S. Frey, Y. Uber et W. Price, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 50, 1931, p. 1060.

(²) M. Battegay, L. Denivelle et J. Meybeck, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1195.

(³) *D. chem. Ges.*, 53, 1920, p. 1144.

(⁴) *Journ. Chem. Soc.*, 121, 1922, p. 44.

(⁵) Dubois, *Zeits. für Chem.*, 2 (N. S.), 1866, p. 705; A. Peratoner et Finocchiaro, *Gazz. chim. italiana.*, 24, 1, 1894, p. 234.

rure de calcium, et distillée sous vide. Le chlorure $C^6H^5O.SO^2Cl$ passe, dans ces conditions, à 98°, sous 12^{mm}; il distille à 221-222°, sous 735^{mm}, en subissant une légère décomposition. C'est un liquide incolore, d'odeur piquante, plus lourd que l'eau, où il est insoluble ; il est miscible par contre, en toutes proportions, au benzène, à l'éther et autres solvants organiques. Analyse : Subst., $0^g,3084$; SO^4Ba, $0^g,373$, soit 16,61 pour 100 S. Subst., $0^g,423$; ClAg, $0^g,315$, soit 18,41 pour 100 Cl; calculé pour $C^6H^5O^3SCl$: S pour 100, 16,62; Cl pour 100, 18,44.

Nous avons préparé de la même manière le chlorure de l'acide anisylsulfurique (P. E. = 98° sous 1^{mm}), ainsi que sur d'autres dérivés, nous y reviendrons ultérieurement.

Par opposition aux acides arylsulfuriques, plutôt facilement décomposables, leurs chlorures présentent en général une résistance particulière et frappante.

En effet, contrairement à l'acide phénylsulfurique et à ses sels alcalins, qui se transposent facilement en acide *p*-phénolsulfonique et en *p*-phénolsulfonate [1], le chlorure de l'acide phénylsulfurique supporte une ébullition prolongée, dans l'anhydride acétique, par exemple, sans subir aucune transformation. Chauffé tel quel, en tube scellé, à 280°, pendant 4 heures, il forme toutefois des produits résineux avec dégagement d'anhydride sulfureux et de gaz chlorhydrique. D'autre part, l'ébullition avec les acides dilués, qui provoque une scission instantanée du phénylsulfate de sodium en phénol et bisulfate, ne produit qu'une décomposition très lente du chlorosulfate de phényle. La soude caustique diluée, à froid, demeure également pour ainsi dire sans action ; à l'ébullition, par contre, elle transforme le chlorosulfate de phényle en phénylsulfate de sodium.

L'ammoniac gazeux desséché n'agit que très lentement sur la solution benzénique du chlorosulfate de phényle. Ce n'est qu'à la longue et en chauffant, qu'il se produit un précipité renfermant d'une part, du phénol et d'autre part, à côté de chlorure d'ammonium, le sel d'ammonium de la trisulfimide. Celui-ci a pu être identifié par son hydrolyse en milieu chlorhydrique qui conduit, entre autres, à l'aminosulfonamide.

Les acides concentrés, chlorhydrique ou nitrique, n'altèrent pas le chlorosulfate de phényle ; sa solution dans l'acide nitrique 100 pour 100 peut même être chauffée, sans inconvénient, en vase ouvert à l'ébullition. Cependant l'acide sulfurique concentré chaud le décompose avec départ de gaz chlorhydrique.

---

(1) BAUMANN, *D. chem. Ges.*, 11, 1879, p. 1907.

Cette passivité contraste avec la réactivité que possède le chlorosulfate de phényle vis-à-vis des alcoolates et phénates alcalins en milieu anhydre, réactivité qui, au lieu de conduire aux sulfates d'alcoyle et d'aryle théoriquement prévus, mène aux éthers oxydes correspondants. Nous avons préparé ainsi, avec de bons rendements, l'anisol, le phénétol et l'oxyde de phényle.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une méthode de dosage du fluor.* Note de M. **P. Mougnaud**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons montré ([1]) que le dosage du fluor par précipitation de fluorure de calcium en milieu alcalin présentait des causes d'erreur ne permettant pas d'adopter cette méthode.

La technique de Rose ([2]) par précipitation simultanée de fluorure et de carbonate de calcium, et attaque ultérieure du précipité par l'acide acétique, donne des erreurs par défaut en raison de l'attaque du fluorure par l'acide acétique.

Starck et Thorin ([3]) ont proposé de précipiter simultanément du fluorure et de l'oxalate de calcium, principe qui nous a paru présenter le même inconvénient, comme d'ailleurs celui envisagé par Starck ([4]), et basé sur la précipitation de fluochlorure de plomb. Les expériences de cet auteur étaient d'ailleurs entachées d'erreurs par le fait qu'il conservait les solutions de fluorure de sodium dans des flacons de verre où elles devenaient rapidement alcalines après attaque du récipient.

Nos essais nous ont montré que, parmi les composés du fluor utilisables en vue d'un dosage pondéral, le fluorure de calcium semble, malgré sa précipitation difficile, le plus avantageux, en raison de sa solubilité ([2]) relativement faible ($18^{mg},3$ par litre à 18°), et en outre de la valeur du rapport F^2/F^2Ca.

En recherchant les meilleures conditions expérimentales, nous avons pu mettre en évidence les points suivants :

([1]) P. Mougnaud, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1733 ; 193, 1931, p. 738.

([2]) Rose, *Traité de Chimie analytique*, édit. fr. originale, 1862, 2, p. 759.

([3]) Starck et Thorin, *Z. anal. Chem.*, 51, 1912, p. 14.

([4]) Starck, *Z. anorg. Chem.*, 70, 1911, p. 173.

1° La précipitation du fluorure de calcium s'effectue aussi bien en milieu neutre, acide ou alcalin.

2° Elle est plus rapide en présence d'un grand excès de réactif précipitant, c'est-à-dire de chlorure de calcium.

3° Le précipité formé est facilement lavable dans ces conditions par centrifugation.

L'étude méthodique du lavage par cette méthode nous a montré qu'un précipité de $0^g,50$ était complètement débarrassé des sels solubles par six centrifugations en présence de 5^{cm^3} d'eau. Pour des précipités pesant respectivement $0^g,70$ et $0^g,80$, il fallait faire intervenir sept et huit opérations successives.

Ces données nous ont permis d'établir une technique suffisamment exacte pour le dosage du fluor dans les solutions de fluorure soluble. Nos vérifications ont été faites à l'aide de solutions titrées de fluorure de potassium très pur, obtenu par calcination de fluorure suracide de potassium. Elles ont été conservées dans des flacons d'argent ou de bakélite spéciale. Leur réaction est ainsi restée neutre après plusieurs mois, et leur aspect parfaitement limpide.

La technique du dosage que nous proposons est la suivante :

On pèse dans une capsule d'argent, ou de bakélite spéciale, une quantité d'une solution de fluorure de potassium, correspondant à environ $0^g,40$ de fluorure de calcium. On évapore pour réduire le volume à 5^{cm^3} et l'on ajoute 4^{cm^3} d'une solution de chlorure de calcium au demi. Il se forme un précipité gélatineux que l'on fait passer dans un tube à centrifuger avec quelques centimètres cubes d'eau distillée.

Par centrifugation, ce précipité se dépose presque instantanément. On décante et l'on remet en suspension dans 5^{cm^3} d'une solution saturée de fluorure de calcium. On porte à l'ébullition, on laisse refroidir et l'on centrifuge. On renouvelle une fois ce lavage avec la solution saturée de fluorure et quatre fois avec de l'eau distillée, le volume du liquide étant, dans chaque opération, de 5^{cm^3}. Le précipité est ensuite jeté sur un filtre sans cendres avec le minimum d'eau, essoré, séché à l'étuve, calciné et pesé.

Voici quelques résultats obtenus par cette méthode :

F^2Ca pesé.......	0,4570	0,4245	0,5431	0,3390	0,4720	0,3942	0,5850
Titre de la solution (en fluor p. 100^g).	1,986	1,986	1,986	1,986	1,986	1,986	2,977
Titre trouvé.....	1,967	1,978	1,979	1,981	1,983	1,967	2,960
Erreur pour 100.	−0,95	−0,40	−0,35	−0,25	−0,15	−0,95	−0,53

Les quantités d'eau qui interviennent, soit en totalité de 29^{cm^3}, peuvent

théoriquement dissoudre 0g,0005 de fluorure de calcium. Le dosage portant sur 0g,40, l'erreur relative théorique est de 0,132 pour 100. En fait, les différences observées sont un peu supérieures comme il est naturel dans des opérations de cet ordre. Elles restent assez faibles cependant pour que la méthode proposée puisse être considérée comme satisfaisante.

CRYPTOGAMIE. — *Action de l'éther et du chloroforme sur les* Actinomyces *du groupe* asteroïdes. Note [1] de M. **Jacques Duché**, présentée par M. L. Mangin.

Par l'action prolongée de l'éther, M. L. Grigorakis [2] croit avoir transformé des champignons Microsiphonés pathogènes en espèces saprophytes; en particulier, un *Actinomyces* du groupe *asteroïdes*, traité 20 minutes par ce solvant, aurait donné un *Actinomyces* du groupe *albus*.

Désireux de vérifier cette assertion grosse de conséquences et contraire à nos observations personnelles, nous avons fait l'expérience suivante :

Cinq tubes de cultures d'*Actinomyces asteroïdes* sur gélose glucosée de Sabouraud, ont été traitées, deux mois après l'ensemencement, par l'éther rectifié 66° Bé, respectivement pendant 5, 10, 20 minutes, 1 heure, 2 heures. L'éther était versé dans le tube de façon à couvrir entièrement la culture, puis, avec une aiguille à ensemencer stérile, nous avons séparé le champignon du milieu solide, ce qui est particulièrement facile pour cette espèce qui, contrairement aux *Actinomyces* des autres groupes, n'adhère pas à la gélose; après bouchage des tubes avec le tampon de coton, nous avons agité vivement le premier tube 3 minutes, le deuxième 8, le troisième 16, le quatrième 45, le cinquième 1 heure et demie, de façon à mettre les spores en suspension. Après repos et décantation de l'éther surnageant, nous avons ensemencé, pour chaque essai, un tube de gélose glucosée de Sabouraud et un tube de gélose de Czapek, milieu dont l'hydrate de carbone était représenté par 1,5 pour 100 de glycérine [3]. Ces tubes ont été mis dans une chambre étuve à la température de 22°.

---

(1) Séance du 11 avril 1932.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 540 et 194, 1932 p. 643.

(3) Milieu préconisé par Grigorakis.

Nous rendons vivement hommage à la probité scientifique de cet auteur, qui a mis à notre disposition ses préparations et nous a détaillé ses modes opératoires. Ceux-ci, légèrement différents des nôtres, nous paraissent moins rigoureux.

Nous avons en outre préparé quatre tubes témoins ensemencés, deux normalement, deux avec l'aiguille préalablement trempée dans l'éther, de façon à nous mettre exactement dans les conditions des essais ci-dessus précisés; en effet, dans ceux-ci, l'aiguille entraînait des traces de solvant en même temps que les spores du champignon.

Après 4 à 8 jours d'incubation nous avons constaté que les cultures se développaient dans tous les tubes, plus rapidement sur le milieu de Czapek que sur le milieu de Sabouraud. Les champignons cultivés ont tous les caractères morphologiques et biologiqnes de l'*Actinomyces asteroïdes* utilisé.

Les mêmes essais, répétés dans les mêmes conditions, non plus avec l'éther mais avec du chloroforme, nous ont donné des résultats très différents. Après un contact de 5 minutes, l'*Actinomyces* ne pousse plus.

Ces essais nous donnent à penser que la substance cireuse qui entoure le protoplasme est insoluble dans l'éther mais soluble dans le chloroforme. D'ailleurs le chloroforme qui a servi à ces expériences laisse déposer, après filtration et évaporation, une substance blanche. Rappelons que, d'après de nombreux travaux, en particulier ceux de Tamura et de Goris, la substance acido-résistante constituant un fort pourcentage de la membrane du bacille de Koch, est le mykol, soluble dans le chloroforme. Ces essais montrent une analogie de plus entre bacilles acido-résistants et *Actinomyces*.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la production de chlorophylle dans les racines exposées à la lumière, en particulier dans la racine d'Orge.* Note de M. **R.-J. Gautheret**, présentée par M. Molliard.

On sait que les racines mises en présence de la lumière sont incapables de former de la chlorophylle (exception faite des racines aériennes). Il n'y a à notre connaissance qu'une exception, c'est la racine d'*Ipomæa purpurea* dans laquelle Molliard a obtenu à la lumière la formation de chlorophylle. Cependant, les cellules des racines sont pourvues comme celles du méristème de la gemmule de petits leucoplastes identiques morphologiquement et histochimiquement à ceux des cellules méristématiques de la gemmule et dès lors on s'explique mal pourquoi ces leucoplastes n'ont pas comme dans ces dernières le pouvoir de produire de la chlorophylle.

Dans des expériences que nous avons faites sur la culture de racines d'Orge détachées de la plantule, dans le liquide de Mazé, additionné

de 2, 4 et 8 pour 100 de glucose, nous avons observé, par hasard, le verdissement des racines. Ceci nous a donc amené à rechercher les conditions dans lesquelles ce verdissement apparaît. Pour cela nous avons procédé de la manière suivante : des graines d'Orge stérilisées par une immersion de 10 à 15 heures dans une solution de chlorure de chaux, ont été mises à germer aseptiquement dans des tubes à essai sur une fine couche de coton imbibée de la solution minérale de Mazé, additionnée ou non de glucose ou de lévulose à diverses doses. Les cultures étaient exposées soit à la lumière diffuse du jour, soit à un éclairage constant (lampe électrique à incandescence de 250 watts). Les graines germèrent rapidement et au bout de 5 à 6 jours, nous avons partagé les cultures en deux lots : dans l'un les plantules étaient maintenues intactes, tandis que dans le second nous sectionnions aseptiquement les racines, de manière à ne laisser se développer dans la culture que la racine isolée.

Les racines isolées ne donnèrent sur milieu sucré qu'une faible croissance qui s'arrêta au bout de 6 à 10 jours. Deux ou trois jours après l'arrêt de croissance, nous avons constaté l'apparition de chlorophylle, dans environ 70 pour 100 des racines. Le verdissement commence en général dans les parties les plus âgées et se localise de préférence à la base des radicelles. On voit ensuite apparaître d'autres points verts dans les parties plus jeunes et la chlorophylle finit par s'étendre jusqu'à l'extrémité de la racine. La production de chlorophylle a été obtenue pour diverses concentrations de glucose et de lévulose, les racines des plantules entières cultivées sur liquide de Mazé, additionné de glucose ou de lévulose, ont produit également de la chlorophylle, mais le verdissement n'a commencé que le vingtième jour de la culture ; à ce moment la racine principale avait plus de $0^m,10$ et l'appareil végétatif aérien était très développé. Les plantules entières cultivées en milieu exclusivement minéral ont donné également de la chlorophylle, mais d'une manière beaucoup plus faible et moins constante.

L'observation au binoculaire, à un faible grossissement, des racines sectionnées ou rattachées à la plantule et cultivées en milieu sucré, nous a permis de constater que la chlorophylle n'est pas répartie uniformément à l'intérieur de la racine, mais disposée en deux bandes symétriques et qu'en outre la racine est rarement verte dans toute sa longueur : à côté de régions nettement vertes, il y en a d'autres dépourvues de pigment. L'examen à l'immersion de coupes de racine ou de racines écrasées, nous a montré dans les tissus vivants la présence de gros chloroplastes nettement verts et qui présentent la réaction de Molisch (réduction du nitrate d'argent). Ceux-ci

semblent localisés exclusivement dans le parenchyme cortical; les cellules de l'assise pilifère en sont toujours dépourvues et l'endoderme ne semble pas en contenir. Par contre les cellules de l'assise immédiatement au-dessus de l'endoderme sont les plus riches en chloroplastes. Ces organites ont un diamètre variant de 3 à 8$^{\mu}$; ils renferment souvent des grains d'amidon. Dans les racines des plantules entières, cultivées en milieu exclusivement minéral, les chloroplastes sont surtout localisés dans les parties âgées de la racine, et, en particulier au voisinage de l'albumen. Les figures 1 et 2

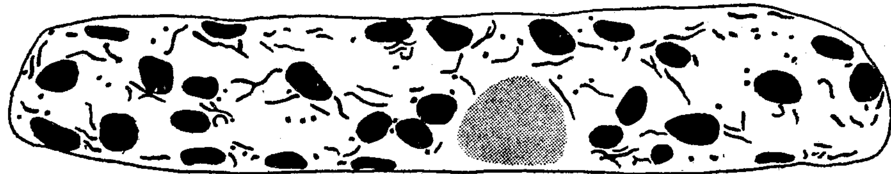


Fig. 1

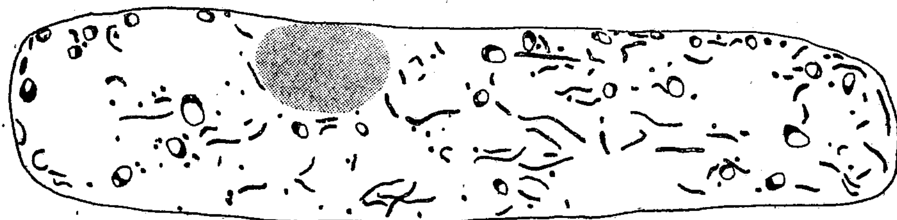


Fig. 2

montrent deux cellules de la même région d'une racine d'orge, l'une dans une racine verte, l'autre dans une racine normale dépourvue de chlorophylle, toutes deux traitées par la méthode de Regaud; dans la première, on ne voit que des chondriosomes inactifs et de petits leucoplastes contenant des grains d'amidon, dans la seconde ces leucoplastes sont remplacés par de gros chloroplastes tout à fait semblables à ceux qu'on trouve dans les feuilles de la même plante.

Le verdissement constaté dans les racines d'Orge, placées à la lumière, ne paraît pas être une exception, car outre qu'il a été observé par Molliard dans les racines d'*Ipomœa purpurea*, nous l'avons obtenu également dans les racines de Lupin et de Radis. Cette production de chlorophylle semble donc avoir échappé jusqu'ici à l'observation, sans doute parce qu'elle ne se produit que tardivement.

Il résulte donc de ces expériences que les racines d'Orge sont susceptibles, lorsqu'on les place à la lumière, de produire de la chlorophylle. Le

verdissement, dont nous n'avons pu encore préciser le déterminisme, ne s'opère que dans les racines âgées : il s'obtient plus facilement dans les racines détachées de la plantule que dans les racines des plantules intactes; il semble favorisé par la présence de sucre (glucose ou lévulose) dans le milieu de culture. Il semblerait donc qu'il soit déterminé par une certaine concentration de sucre, sans doute nécessaire à la constitution de la molécule de chlorophylle.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Relations entre la croissance des diverses parties de la plantule du Melon et la quantité de réserves laissées à la disposition de l'embryon.* Note de MM. **Pierre Chouard** et **Georges Teissier**, présentée par M. L. Blaringhem.

Nous avons essayé de déterminer *quantitativement* l'effet de l'ablation d'une partie des cotylédons d'une graine sans albumen sur la croissance de la plantule, opération dont certains résultats qualitatifs sont connus depuis longtemps. Nous avons opéré sur les graines de *Cucumis Melo* L. (race Melon Cantaloup Prescott à fond blanc). La germination normale de cette graine a déjà été étudiée quantitativement par Pearl, Winsor et Miner [1] dont nous avons utilisé les techniques. Nos cultures ont été faites sur de la gélose à 1 pour 100 dans l'eau distillée, à 30°C. et à l'obscurité.

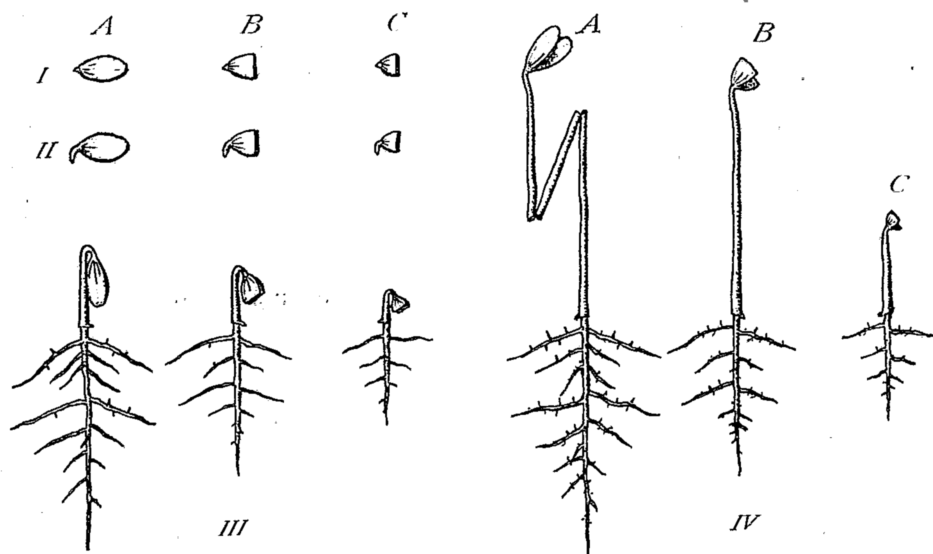
Croissance des plantules à partir des graines entières. — Le fait important est l'accomplissement de la croissance en étapes successives, dont les caractéristiques sont, en moyenne, les suivantes. La *radicule* commence à s'allonger vers la fin du premier jour qui suit le semis. Sa croissance s'accélère rapidement, atteint son maximum d'intensité au bout de 1,5 jour, puis se ralentit progressivement pour s'arrêter vers 2,5 jours. A ce moment, le poids de substances sèches de l'appareil radiculaire est d'environ $15^{mg},5$ (soit 6 pour 100 environ du poids initial de la graine séchée et décortiquée) et ne varie plus sensiblement.

L'hypocotyle ne commence à s'allonger sensiblement que vers 1,5 jour. L'intensité de sa croissance augmente graduellement jusqu'à atteindre, vers 2,5 jours, 1,1 à $1^{mm},2$ par heure, alors qu'il mesure environ $1^{cm},5$. A partir de ce stade qui se place, on le remarquera, au moment ou la radicule cesse de croître, la croissance de l'hypocotyle se ralentit graduellement jusqu'à l'arrêt final qui a lieu vers le dixième jour, quand la longueur est

(1) *Proc. Nat. Ac. U.S.A.*, 14, 1928, p. 1.

en moyenne de 9^{cm}. L'ensemble de cette croissance peut être représenté par une courbe en S dont le point d'inflexion est assez proche de l'origine. La troisième étape de la croissance, qui porte cette fois sur les premiers entre-nœuds de la tige, ne s'observe que sur les plantules exposées à la lumière et ne se produit jamais dans les conditions de nos expériences où tout développement s'arrête après l'allongement de l'hypocotyle.

Croissance des plantules à partir des graines sectionnées. — L'ordre et la chronologie des phénomènes sont exactement ceux qui viennent d'être décrits pour les plantules normales, mais les dimensions atteintes sont



I. (× 2/3). Plantules de Melon développées à l'obscurité à 30°, à partir de graines entières (*A*); de graines amputées de 50 °/₀ (*B*); de 80 °/₀ (*C*); I, au moment du semis; II, après 1 jour; III, à 2 jours et demi; IV, à 10 jours, taille finale.

réduites proportionnellement à l'importance de l'amputation pratiquée sur la graine. C'est ainsi, par exemple, que dans une expérience où l'on a opéré sur quatre lots de 15 graines, les unes entières, les autres réduites à 81, 50 et 20 pour 100 du poids originel, on a obtenu en fin de croissance des hypocotyles de diamètre à peu près égaux, mais dont les longueurs étaient respectivement en moyenne 85,3; 65; 44,2 et 16,5^{mm}, soit en pourcentage des plantules issues de graines entières : 100; 76,5; 52 et 19,4. En moyenne la *longueur finale de l'hypocotyle est proportionnelle au poids de la graine après amputation. Il en va de même pour le poids de l'appareil radiculaire;* de sorte qu'en fin de croissance, les rapports des diverses

parties de la plantule sont les mêmes que les rapports homologues des plantules témoins, ou, si l'on préfère, que les *proportions pondérales des plantules sont toujours normales*. C'est ce que montrent par exemple les chiffres de l'expérience suivante arrêtée au dixième jour (les poids sont ceux de lots de 10 plantules).

Poids de la substance sèche et, entre parenthèses, pourcentage du poids total :

Graines semées.	Cotylédons.	Hypocotyle.	Radicule.
	mg	mg	mg
Entières	49,7 (45)	43,4 (40,2)	15,3 (14,1)
Sectionnées	38,8 (46)	35,9 (39,2)	12,8 (14,8)
»	31,4 (43)	29,7 (41,3)	10,8 (15)
»	10,8 (43)	10,3 (41,7)	4,0 (15,3)

Ce rétablissement d'un équilibre quantitatif entre les diverses parties de la plantule mérite d'être souligné. Si l'on peut admettre en effet que l'arrêt de la croissance de l'hypocotyle soit dû à l'épuisement des réserves, il n'en est pas de même dans le cas de la racine qui cesse de croître dès le deuxième ou le troisième jour, alors qu'il reste encore les 4/5[e] des réserves dans les cotylédons. L'arrêt de la croissance de la racine, que n'explique pas l'action de facteurs nutritifs simples, indique l'existence d'un phénomène régulateur particulier dont le mécanisme reste à préciser.

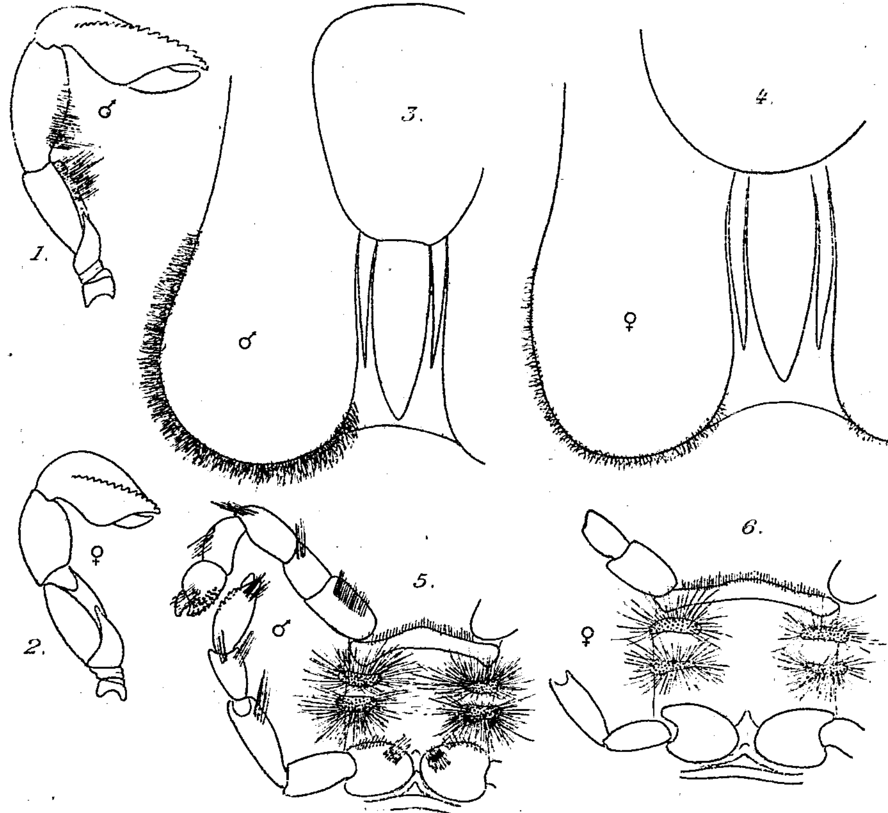
ZOOLOGIE. — *Sur les petites différences sexuelles d'ornementation cuticulaire chez les Pagures*. Note de M. **Charles Pérez**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans une Note récente (¹) relative aux Bernards l'Ermite du genre *Eupagurus*, j'ai montré qu'il existe, chez ces Crustacés, certaines régions du corps bien définies, où l'ornementation de la cuticule présente, d'un sexe à l'autre, de petites différences très marquées.

L'existence de petits caractères sexuels de même ordre paraît être très générale chez les Pagures ; mais, d'un genre à l'autre, la nature intrinsèque des différences, les régions du corps qu'elles affectent sont susceptibles d'une grande diversité. Il peut même ne pas y avoir uniformité dans toute l'étendue d'un genre. Ainsi, par exemple, en ce qui concerne les rangées de soies garnissant la ligne représentative du bord latéral du second segment abdo-

(¹) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1187.

minal, les *Anapagurus* manifestent une grande analogie avec les *Eupagurus*; en plus, chez l'*Anap. Hyndmanni* (Thompson), la pince droite du mâle présente, à la face interne du méropodite et du carpopodite, des touffes très fournies de longues soies (*fig.* 1), qui manquent totalement à la femelle



1, *Anapagurus hyndmanni*, pince droite du mâle; 2, pince droite de la femelle; 3, *Calcinus ornatus*, bord postéro-latéral de la carapace thoracique du mâle; 4, même région de la femelle; 5, face ventrale de la partie postérieure du thorax chez le mâle; 6, même région chez la femelle.

(*fig.* 2). C'est cette région fortement pileuse du méropodite qui est tuméfiée en une excroissance irrégulière chez le mâle de l'*Anap. bicorniger* A.M. Edw. et Bouv. Au contraire, chez l'*Anap. lævis* (Thompson), les deux sexes ont la pince également glabre.

M. L.-G. Seurat et M. Dieuzeide ont eu l'obligeance de récolter pour moi, aux environs d'Alger, un lot de *Calcinus ornatus* (Roux). Dans cette jolie espèce, les caractères sexuels sont bien différents de ceux des *Eupagurus*. Le plus manifeste est présenté par le bord postéro-latéral de la carapace branchiale : on y observe une garniture de soies plumeuses

longues et souples, à barbules nombreuses, courtes et serrées, donnant en miniature l'aspect de ce qu'on appelle en passementerie de la chenille. Chez le mâle (*fig.* 3), les soies sont beaucoup plus longues et beaucoup plus touffues; leur ensemble forme au pourtour du branchiostégite comme un bord de fourrure. Chez la femelle au contraire (*fig.* 4), les soies sont plus courtes et la garniture beaucoup plus pauvre. D'autre part, du côté ventral, la chitine souple comprise entre les sternites de l'avant-dernier et du dernier segment thoracique, porte de chaque côté deux plages saillantes et renforcées; chacune représente l'embase commune d'où émerge une touffe de soies chenillées. Ici également le mâle (*fig.* 5) est beaucoup plus richement pourvu que la femelle (*fig.* 6).

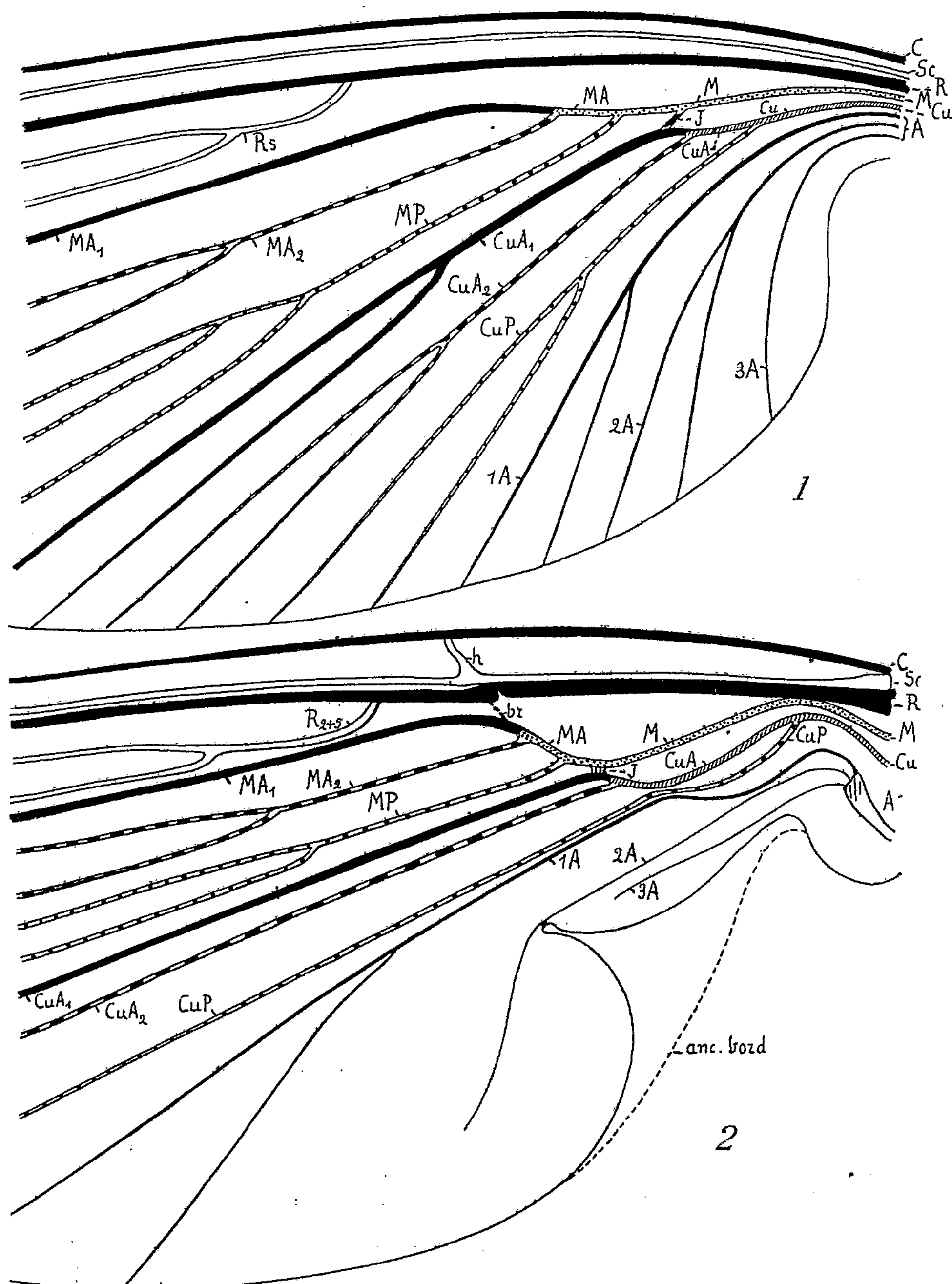
Je ne multiplierai pas davantage ici les exemples. L'importance de ces petits caractères différenciels n'est évidemment pas de servir, d'une manière courante, à la diagnose du sexe des individus; dans les cas normaux, la forme des pléopodes, la situation des orifices sexuels, fournissent des critères immédiats d'une observation beaucoup plus aisée. Mais il est intéressant de noter que ces petits détails d'ornementation sont conditionnés d'une manière précise par le métabolisme de l'individu. C'est sur eux que porte essentiellement l'intersexualité parasitaire. Ainsi chez les *Eupagurus* mâles parasités par des Rhizocéphales (*Peltogaster* ou *Chlorogaster*), la perversion des pléopodes dans le sens femelle s'accompagne, sur ces appendices, de l'apparition de soies capillaires, et sur le corps, aux points caractéristiques, de la poussée de soies plumeuses, implantées à rangs plus touffus. Par contre, il est une autre catégorie d'anomalies intersexuelles, consistant dans la présence anormale de vulves sur un individu mâle; celles-ci sont sans doute sans liaison avec le métabolisme, car elles ne s'accompagnent d'aucune perversion dans les petits caractères de pilosité.

ENTOMOLOGIE. — *Explication morphologique des ailes chez les Diptères et les Coléoptères.* Note (1) de M. **P. Vignon**, présentée par M. E.-L. Bouvier (2).

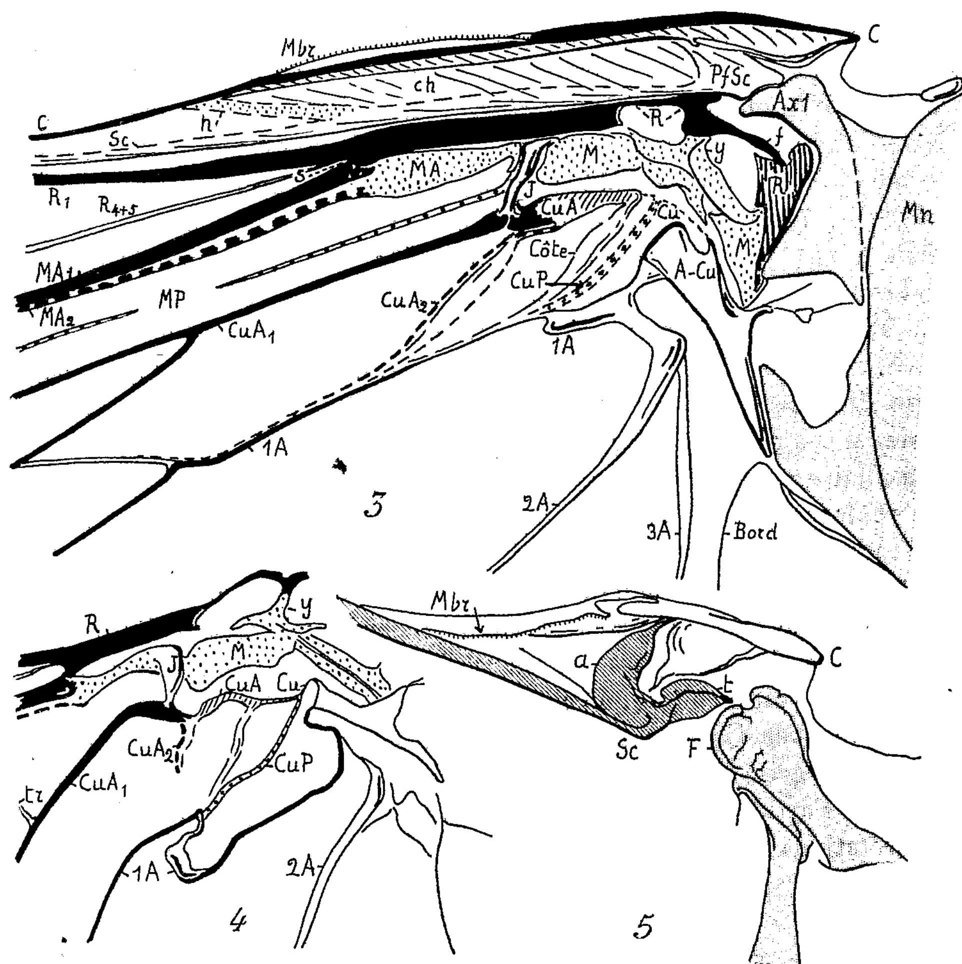
Une fois rattachées à l'aile que j'appelle holoneure parce que les veines médiane et cubitale y sont complètes, les ailes des Diptères et des Coléo-

(1) Séance du 10 avril 1932.

(2) Voir *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 563.


C
Sc
R
M
Cu
A
MA
M
Cu
J
CuA
Rs
MA1
MA2
MP
CuA1
CuA2
CuP
3A
2A
1A
1
h
C
Sc
R
br
R2+5
MA
M
CuP
M
Cu
CuA
J
MA1
MA2
MP
A
1A
2A
3A
CuA1
CuA2
CuP
anc. bord
2

ptères vont pouvoir dériver d'une même aile primitive, inconnue, mais que l'on supposera voisine de l'aile, peu différenciée, du Protohémiptère *Lycocercus Goldenbergi* Ch. Brongn., du Houiller de Commentry. Soit (*fig.* 1)



la base de cette aile souche. Les veines hautes sont marquées par des traits gras, un rendu spécial fait ressortir les homologies que je découvre entre MA_2 et CuA_2, MP et CuP. Soit ensuite (*fig.* 2) l'aile synthétique d'un Diptère ancestral, faite de ce que les Diptères actuels ont gardé, selon moi, de primitif, au moins à l'état résiduel. On voit que la figure 2 dérive de la figure 1 très simplement, et l'on en tire sans peine les ailes, diversement décomplétées ou contractées, des Diptères d'aujourd'hui. La médiane M semble naître maintenant sous la radiale R, la base de la

cubitale Cu ne se voit plus; sauf exceptions, CuP, coupé par 1 A, et 3 A, devenu inutile, ont disparu.

Pour ce qui est des Coléoptères, la figure 3 représente un type moyen, dont tous les éléments sont actuels. Ce qui montre bien que la première anale est venue tordre, couper la gouttière Cu A_2, c'est que celle-ci va droit au bord de l'aile chez les *Necrophorus*, où 1 A cesse brusquement. Un renforcement *h* du plafond chitineux *ch* rappelle la veine de soutien, l'humérale des Diptères (*h*, *fig.* 2), la suture radio-médiane *s* répond à la bride *br*. Une membrane précostale M*br* (*fig.* 3) naît roulée ventralement (*fig.* 5). En P*f*S*c* (*fig.* 3) la coaptation qui, pour le vol, soude l'aile ouverte au sclérite A*x* 1 ([2]), et par là au mésonotum M*n*, est le fait, non de la sous-costale, mais du plafond chitineux *ch*. Regardons, par dessous, l'aile de l'Elatéridé *Pyrophorus punctatissimus* Blanch., par exemple (*fig.* 5), pour voir cette fois la sous-costale S*c*; elle appuie, en *a*, la costale C, sa base *t* tourne librement sur le pivot thoracique ou fulcrum F quand l'aile se reploie, la coaptation P*f*S*c* s'ouvrant alors.

L'axillaire 2 de Snodgrass est pour moi (*fig.* 3) la base, postérieurement renforcée, de la radiale R, que le ploiement de l'aile tournant sur un pivot tout proche a disloquée. Le filet *f*, souvent présent, est un reste de la radiale. En M, c'est la médiane, déchirée, que l'on observe; un lambeau *y* peut être soudé aux vestiges de la radiale, il peut persister seul (Buprestes). L'axillaire 3 de Snodgrass est un plafond cubito-anal A-Cu (*fig.* 3), comme on le voit bien (*fig.* 4) chez *Cicindela campestris* L., où les rapports du sclérite avec Cu et 1 A sont conservés. Ce qui vraiment appartient au thorax étant grisé (*fig.* 3), on voit quelles sont les limites de l'aile et comment elle s'articule. L'examen des trachées, visibles parfois, appuie les interprétations qui précèdent.

ICHTYOLOGIE. — *L'état sexuel du Germon pendant la saison de pêche.* Note de MM. **A. Back** et **R. Legendre**, présentée par M. L. Joubin.

En France deux Thunnidés, par l'abondance de leur pêche, présentent un intérêt économique : le Thon rouge de la Méditerranée [*Thunnus thynnus* (Linné)] et le Germon ou Thon blanc de l'Atlantique [*Germo alalonga* (Bonnaterre)].

Le premier, qui se prend surtout près de terre, est le mieux connu, et

([2]) *Axillaire* 1 de Snodgrass, *Proceed. U.-S. nat. Mus.*, 36, 1909, p. 511.

cependant on discute encore ses migrations. Le second, qui se pêche au large, a été beaucoup moins étudié. On sait qu'il apparaît chaque année, vers la fin de mai, dans le sud du Golfe de Gascogne; les pêcheurs le poursuivent à une assez grande distance des côtes, de plus en plus vers le Nord à mesure que l'été avance; ils le voient disparaître au mois d'octobre au sud de l'Irlande, du Pays de Galles et de l'entrée de la Manche, pour reparaître l'année suivante à nouveau vers l'Espagne. On ignore tout de la vie du Germon adulte en dehors de la période de pêche.

On sait que le Thon rouge pond en juin-juillet (Sanzo, 1910; Fernando de Buen, 1925; Dévedjian, 1926). Pour le Germon, les renseignements sont encore très imparfaits. Navarrete (1) a supposé que la reproduction a lieu en automne; le Danois (2) au contraire la croit terminée avant le début de la pêche, les Germons étant alors vides de produits sexuels; il considère leur déplacement saisonnier comme une migration de dispersion réglée par la transgression superficielle des eaux chaudes, à plus de 14°, dans lesquelles les Germons se cantonneraient.

Sella (3) a observé des jeunes, dans le détroit de Messine, du début d'août à la fin de septembre, plus abondants après le 15 août: des individus de 1 à 2^{cm} se rencontrent après le 20 août, ceux de 10^{cm} en septembre. Sanzo (4) a trouvé dans les mêmes eaux, dès le début d'août, des œufs fécondés, sphériques, transparents, à gouttelette huileuse, de 0,84 à $0,96^{mm}$ de diamètre; ils abondent vers le milieu de ce mois et disparaissent en septembre; après deux jours, ils donnent sortie à une très petite larve de $2^{mm},5$ dont Sanzo a pu suivre le développement pendant 7 jours.

Des larves de Thunnidés recueillies par les expéditions du Dr Johs. Schmidt, certaines (de 4, 6 à $13^{mm},6$) trouvées d'avril à septembre, en Méditerranée, près du cap Matapan, et éparses dans l'Atlantique, au sud du 30° de latitude nord et à l'ouest du 40° de longitude ouest jusqu'aux Antilles et à la côte du Brésil, ont été attribuées avec doute au Germon par Ehrenbaum (5).

Ces données sont très disparates et ne permettent pas de fixer une époque précise de reproduction.

---

(1) ADOLFO NAVARETTE, *Manual de Ictiologia marina*, Madrid, 1898, p. 121.

(2) E. LE DANOIS, *Recherches sur le régime des eaux atlantiques au large des côtes de France et sur la biologie du Thon blanc ou Germon* (*Notes et Mémoires de l'Office scientifique et technique des pêches maritimes*, 9, 1921, p. 13); *Nouvelles recherches sur le régime des eaux atlantiques et sur la biologie des poissons comestibles. Ibid.*, 17, 1922, p. 12).

(3) MASSIMO SELLA, *Caratteri differenziali dei giovanni stadi di* Orcynnus thynnus *Ltkn*, O. alalonga *Risso*, Auxis bisus *Bp.* (*Rendic. R. Acc. dei Lincei*, 5e série, 33, 1924, p. 300-305).

(4) LUIGI SANZO, *Uova e larve di Alalonga* Orcynus germo *Ltkn* (*Ibid.*, 6e série, 1, 1925, p. 131-134).

(5) ERNEST EHRENBAUM, *Scombriformes. Rep. Danish Oceanogr. Exped.* 1908-1910, n° 8, (Biology), A 11, 1924, p. 12-30.

Comme Concarneau est actuellement le port qui reçoit le plus de Germons (on y a apporté l'été dernier près d'un million de poissons de cette espèce), nous avons profité des facilités ainsi offertes pour étudier divers points de sa biologie et notamment l'état des glandes sexuelles pendant la saison de pêche.

Nous avons pu examiner des ovaires prélevés par des patrons pêcheurs, au moment où ils vident le poisson, aussitôt après son arrivée sur le pont, et immédiatement placés dans de l'eau de mer formolée.

Ces ovaires forment des cordons oblongs dont nous avons mesuré quelques exemplaires. Ils ne sont pas tous de même taille chez les poissons pris au même moment. Sur un Germon capturé à la fin de juillet, nous avons trouvé les dimensions suivantes : longueur, 120^{mm} ; largeur, 18^{mm} ; épaisseur, 6 à 7^{mm} ; sur un autre, au début de septembre, longueur, 143^{mm} ; largeur, $19^{mm},5$; épaisseur, $13^{mm},5$; sur un troisième pris au début d'octobre, longueur, 160^{mm} ; largeur, 19^{mm} ; épaisseur, 14^{mm}.

Sur des coupes transversales, nous avons noté les diamètres des ovules : de 40 à 88^{μ} en fin juillet ; de 60 à 90^{μ} au début de septembre ; de 70 à 100^{μ} au début d'octobre.

Les Germons pêchés dans le Golfe de Gascogne tandis qu'ils voyagent du Sud au Nord, de juin à octobre, sont donc en période de croissance génitale. Leurs ovules sont loin encore d'atteindre le diamètre qu'on connaît aux œufs fécondés. Aucune ponte n'a donc lieu en cette saison au large de nos côtes.

Ces constatations peuvent s'accorder avec les faits antérieurement connus en ce qui concerne les lieux de ponte et de développement des jeunes, mais elles n'enlèvent rien à l'incertitude sur l'époque de reproduction des Germons qui fréquentent la partie orientale tempérée de l'Océan Atlantique.

ICTHYOLOGIE. — *Variations de la consommation d'oxygène dissous au cours de la mort de Poissons marins sténohalins passant de l'eau de mer à l'eau douce.* Note de Mlle **Anne Raffy**, présentée par M. L. Joubin.

D'après P. Bert [1], la mort des Poissons ne supportant pas les variations de salinité est un phénomène d'asphyxie. Par suite d'une différence subite

[1] P. Bert, *Leçons sur la Physiologie comparée de la Respiration*, Paris 1870, p. 138.

qui se produit dans les courants osmotiques à travers les branchies, l'épithélium de celles-ci cesse d'être propre aux échanges respiratoires.

Nous avons cherché à suivre la marche de cette asphyxie en prenant comme critères de l'activité respiratoire, le taux de l'oxygène dissous consommé d'heure en heure par un même individu passant de l'eau de mer à l'eau douce. Ce passage a été effectué soit sans transition, soit par l'intermédiaire de trois mélanges d'eau de mer et d'eau douce.

	Teneurs en Na Cl pour 1000.	Δ.
Un mélange de 2/3 d'eau de mer pour 1/3 d'eau douce...........	24^{g},38	— 1°,43
» 1/2 » 1/2 »	18,28	— 1,07
» 1/3 » 2/3 »	12,12	— 0,71

L'eau de mer initiale contenait 36^{g},56 de sel et avait un Δ de — 2°,14.

Nos expériences ont porté sur trois espèces de Poissons marins : un Sélacien, *Scyllium catulus* (Roussette); deux Téléostéens, *Sargus Rondeletii*, *Scorpaena porcus* (Rascasse).

Cas du Sélacien. — Nos expériences ont d'abord confirmé les résultats de divers auteurs [1] : les Sélaciens supportent fort mal le passage de l'eau de mer à des eaux de moindre salinité, que ce passage soit brusque ou progressif. Au point de vue respiratoire, un abaissement de la consommation d'oxygène se manifeste aussitôt et s'accentue jusqu'à la mort.

Température 14°.

Scyllium catulus.	Consommation d'oxygène dissous en cm^3 par heure [2].
N° 1, 24^{g} (passage brusque) :	
Eau de mer, moyenne de trois expériences................	2,077
Eau douce, 1re heure................................	1,020
» 2e »	0,327
» 3e »	mort
N° 2, 18^{g},950 (passage progressif) :	
Eau de mer, moyenne de trois expériences................	1,474
Eau de mer $^{2}/_{3}$ + eau douce $^{1}/_{3}$, 1re heure..................	0,980
» 2e »	mort

(1) Voir DUVAL, *Recherches physico-chimiques et physiologiques sur le milieu intérieur des animaux aquatiques*. Paris, Thèse, 1925, p. 314.

(2) Les Poissons changeant de poids au cours des expériences, nous avons comparé les consommations d'oxygène en centimètres cubes *par heure* chez un même individu.

Dans le cas de *Scyllium catulus* il semble bien que rapidement la respiration devienne insuffisante pour assurer la vie de l'animal. L'attitude des Roussettes placées dans de telles conditions, leurs mouvements de torsions, confirment l'idée d'une mort par asphyxie.

Cas des Téléostéens. — Le passage brusque de l'eau de mer à l'eau douce d'un *Sargus Rondeletii* n'amène la mort du Poisson qu'au bout de 5 heures et la respiration n'est vraiment modifiée que tout à fait à la dernière période.

Température : 14°.

Sargus Rondeletii (25g,750).	Consommation d'oxygène en centimètres cubes par heure.
	cm³
Eau de mer. moyenne de quatre expériences	3,412
Eau douce, 1re heure	3,247
» 2e »	3,536
» 3e »	3,720
» 4e »	2,320
» 5e »	mort

Un passage progressif s'échelonnant sur plusieurs jours a eu des effets analogues. A chaque changement de milieu, nous avons mesuré la quantité d'oxygène absorbée au cours de la première heure, puis nous laissions le poisson s'adapter 24 heures environ et reprenions alors plusieurs fois sa consommation d'oxygène.

D'après nos résultats réunis dans le tableau ci-joint, les consommations d'oxygène ne varient pas sensiblement. Les deux espèces conservent dans ces milieux de diverses salinités leur comportememt habituel : le *Sargus* nage activement, la Rascasse demeure quasi immobile.

Conclusions. — Il semble donc exister une différence assez marquée entre le comportement des Sélaciens et des Téléostéens sténohalins étudiés, transportés de l'eau de mer à l'eau douce. La mort des premiers y survient rapidement et est manifestement un phénomène d'asphyxie progressive, Les deux Téléostéens conservent jusqu'au bout une respiration normale.

L'hypothèse de P. Bert vérifiée pour la Roussette ne semble pas s'appliquer au Sargus et à la Rascasse.

Consommation d'oxygène en centimètres cubes par heure (température : 14°).

	Sargus.		*Scorpaena.*
	nº 1, 20g.	nº 2, 30g,8.	40g.
1re journée.			
Eau de mer pure, moyenne de plusieurs expériences..	2,510	3,920	2,763
Eau de mer aux 2/3, 1re heure......................	2,130	4,492	2,098
2e journée.			
Eau de mer aux 2/3, moyenne de plusieurs expériences.	2,480	3,913	–
Eau de mer au 1/2, 1re heure......................	2,368	4,014	1,908
3e journée.			
Eau de mer au 1/2, moyenne de plusieurs expériences.	2,784	4,676	1,796
Eau de mer au 1/3, 1re heure......................	2,214	4,188	1,380
4e journée.			
Eau de mer au 1/3, moyenne de plusieurs expériences.	mort	4,233	2,503
Eau douce, 1re heure............................	–	4,760	1,526
5e journée.			
Eau douce..	–	mort	mort

PHYSIOLOGIE. — *Action vicariante durable de la greffe intraoculaire de thyroïde de raton nouveau-né sur le développement du Rat blanc éthyroïdé.* Note de M. **Raoul M. May**, présentée par M. Roux.

Malgré de nombreux essais de greffe thyroïdienne aucun chercheur n'a, jusqu'à présent, pu montrer qu'une telle greffe, implantée chez un autre animal jeune, éthyroïdé, peut assumer les fonctions, dans le développement de ce dernier, de la glande extirpée.

J'ai observé (1) que le tissu cérébral de raton nouveau-né, implanté dans l'œil d'un Rat adulte, survit et s'y adapte parfaitement de façon durable. J'ai appliqué cette méthode de greffe intraoculaire de tissu de nouveau-né à l'étude de l'action vicariante de la thyroïde.

Dans le cas de la thyroïde adulte, des autogreffes ont été faites chez le Rat par H. Cristiani (1895) (2), et des syngénésiogreffes entre frères chez le Rat par H. et A. Cristiani (1925) (3) et par Loeb (1927a) (4), ainsi que chez

(1) *Arch. d'Anat. microsc.*, 26, 1930, p. 433-445.
(2) *Arch. de Physiol.*, 5e série, 7, 1895, p. 65-76.
(3) *C. R. Soc. Biol.*, 92, 1925, p. 1278-1279.
(4) *Amer. Journ. Pathol.*, 3, 1927a, p. 45-65.

le Cobaye (Loeb, 1927[b]) (¹); les homogreffes ne réussissent pas (H. Cristiani, 1900, 1901, 1904) [(²), (³), (⁴)] et les hétérogreffes non plus (H. Cristiani, 1904) (⁴). Mais la thyroïde et la parathyroïde d'embryon ou de nouveau-né ont été implantées avec succès chez l'animal adulte par H. Cristiani et Ferrari (1897) (⁵), qui ont négligé l'étude physiologique de ces greffons.

TABLEAU I.

	Portée C ♀.			Groupe N ♀.			Groupe O ♂.		
Age au moment de la greffe		29 jours.			42 jours.			48 jours.	
Age au moment de la dernière pesée		165 jours.			141 jours.			141 jours.	
		Poids en grammes			Poids en grammes			Poids en grammes	
	Nos.	à l'éthyroïdectomie.	à la dernière pesée.	Nos.	à l'éthyroïdectomie.	à la dernière pesée.	Nos.	à l'éthyroïdectomie.	à la dernière pesée.
Porte-greffes éthyroïdés	2...	45,2	135,1	1...	58,2	153,0	2...	59,5	147,4
				3...	54,4	129,0	3...	81,9	231,8
							7...	73,7	191,5
Éthyroïdés	5...	47,7	93,1	7...	70,6	86,8	10...	75,5	87,8
				8...	56,4	74,4	14...	45,2	46,5
				11...	67,0	76,3	15...	76,6	77,4
				15...	63,5	79,2	16...	80,5	93,5
Témoins	7...	52,8	168,4	5...	62,7	153,7	5...	69,6	148,5

Opérant de façon aseptique, sous la loupe binoculaire, j'ai découvert un lobe de thyroïde d'un raton blanc né le jour même. Je l'ai aspiré, avec sa parathyroïde, dans une pipette de verre. J'ai incisé la cornée, au ras de l'iris, de l'œil d'un Rat blanc âgé de quatre à sept semaines, puis j'ai introduit le lobe thyroïdien dans la chambre antérieure, par insufflation. Cette opération était faite sur un à quatre individus de mêmes sexe et âge. Après une semaine, j'excisais complètement la thyroïde et les parathyroïdes de ces Rats, ainsi que celles d'autres individus de mêmes sexe et âge (⁶), presque toujours de la même portée, en conservant des témoins. J'ai élevé

(¹) *Amer. Journ. Pathol.*, 3, 1927[b], p. 29-43.
(²) *C. R. Soc. Biol.* 52, 1900, p. 1136-1138.
(³) *Journ. de Physiol. et de Pathol. gén.*, 3, 1901, p. 200-215.
(⁴) *Journ. de Physiol. et de Pathol. gén.*, 6, 1904, p. 476-488.
(⁵) *C. R. Soc. Biol.*, 49, 1897, p. 885-886.
(⁶) Malgré l'opinion de H. Cristiani qui pensait que la thyroïdectomie complète est toujours fatale chez le Rat, on sait (voyez Hammet, que cet animal peut, dans de nombreux cas, survivre à une telle ablation (*Arch. de Physiol.*, 5e série, 5, 1893, p. 39-46; *Amer. Journ. Physiol.*, 56, 1921, p. 196-204).

ces Rats plusieurs mois. Mes expériences ont été faites sur quinze portées ou groupes.

Le greffon provenant du nouveau-né a évolué dans son nouveau milieu et a acquis la structure d'une thyroïde et d'une parathyroïde adultes, ainsi que le prouvent les examens histologiques faits à diverses époques du développement. Des pesées faites tous les mois ont montré que les porte-greffes éthyroïdés se sont développés comme les témoins non opérés, tandis que les Rats simplement éthyroïdés ont eu une croissance très incomplète. (Tableau I).

Dans d'autres lots d'animaux, les rapports pondéraux ont été semblables entre les porte-greffes éthyroïdés, qui se sont bien développés, et les témoins, mais les Rats simplement éthyroïdés, après une croissance très défectueuse, sont morts peu de semaines après l'ablation.

La thyroïde et la parathyroïde de nouveau-né atteignent aussi leur structure histologique adulte dans l'œil de Rats non éthyroïdés.

Il ressort du présent travail que la thyroïde et la parathyroïde de raton nouveau-né, implantées dans l'œil d'un jeune Rat, se développent comme elles l'auraient fait *in situ*, et peuvent assumer les fonctions des tissus semblables du porte-greffe si ceux-ci viennent à manquer.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Recherches sur la stimulation de la croissance et le métabolisme dans les tissus du blé.* Note (¹) de M. **A. Radoëff**, présentée par M. M. Molliard.

Les travaux de Popoff (²) ont montré que le traitement des graines pendant quelques heures par des solutions de sels de métaux connus pour leurs propriétés catalytiques (manganèse, magnésium principalement), a pour effet d'augmenter la vitesse de croissance des jeunes plantules; cet effet persiste d'ailleurs pendant toute la vie de la plante, de sorte que le rendement de la récolte se trouve notablement augmenté. L'action stimulante des sels de manganèse en solution ou dans le sol a été déjà décrite par G. Bertrand (³); Brenchley a retrouvé à Rothamsted sur

(¹) Séance du 11 avril 1932.

(²) M. Popoff, *Die Zellstimulation*, Paul Parey, édit. Berlin, 1931.

(³) G. Bertrand, *Comptes rendus*, 141, 1905, p. 1255.

diverses plantes l'effet stimulant ([1]). Certains auteurs ont supposé que le métabolisme cellulaire est augmenté par les sels stimulants. Nous avons cherché si la consommation en oxygène (IO^2) et la quantité de CO^2 dégagée en anaérobiose ($F^{N^2}_{CO^2}$), rapportées à l'unité de masse du tissu, étaient augmentées dans les mêmes proportions que la vitesse de croissance. L'expérience a montré que la vitesse de croissance était augmentée de façon très sensible, alors que les écarts du métabolisme sont du même ordre que ceux présentés par les témoins.

Des grains de blé sont plongés pendant 7 heures dans 1,5 fois leur poids environ d'une solution de sels minéraux; puis ils sont desséchés successivement à l'air libre et dans une étuve à 28°. Les diverses solutions de sels employées sont constituées par des mélanges à volumes égaux des solutions suivantes :

I. $MgCl^2$ à 13 g/l + $MgSO^4$ à 13 g/l + $MnSO^4$ à 4 g/l,
II. $MgSO^4$ à 10 g/l + $MnSO^4$ à 20 g/l + $ZnSO^4$ à 1 g/l,
III. Mélange II + $CuSO^4$ à 1 g/l + $FeSO^4$ à 4 g/l.

Les grains témoins subissent le même traitement, de même durée, dans l'eau du robinet. Au bout d'un temps quelconque on fait germer les grains sur du papier filtre humide, à l'étuve obscure à 28°.

Le tableau ci-après montre qu'il y a accélération de la croissance des tissus : accélération dans l'allongement de la tige dans la masse de tissu sec formé aux dépens des réserves de la graine. L'essentiel de l'effet est dû aux ions Mg et Mn, les ions Zn, Fe, Cu n'ont, dans les conditions de l'expérience, qu'une très faible action. L'intensité de l'action est de 30 à 40 pour 100 en longueur, 17 à 54 pour 100 en poids sec, 10 à 38 pour 100 en poids frais.

Le métabolisme des tiges a été mesuré par la technique manométrique de Warburg, déjà employée par L. Genevois ([2]) pour les tissus de pois. Les chiffres obtenus ne montrent aucune variation systématique en fonction de la stimulation. La concentration en ferment des cellules semble donc rester grossièrement constante dans les cas de stimulation étudiés.

([1]) Brenchley, *Inorganic Plant Poisons and Stimulants*, Cambridge University Press, 1927.

([2]) L. Genevois, *Revue Générale de botanique*, 40, 1928, p. 53, et Thèse de Paris, *Métabolisme et fonctions des cellules*, Paris, Masson édit., 1931.

Stimulation de la croissance du blé.
Longueur, poids et métabolisme des tiges.

(*a*, moyennes des valeurs absolues pour 50 tiges. *r*, valeurs relatives.)

Durées jours.	Stimulants.	Longueurs en millimètres.		Poids secs en milligrammes.			
		a.	*r.*	*a.*	*r.*	I_{O_2}.	$F^{N_2}_{CO_2}$.
4..........	Témoins	20	100	140	100	6,70	2,6
4..........	I	29	145	216	154	7,67	2,3
4..........	II	25	125	181	129	6,85	2,0
4..........	III	23	115	173	124	8,76	2,9
6..........	Témoins	30	100	248	100	4,5	2,9
6..........	I	40	133	310	125	4,2	3,2
6..........	II	39	130	290	117	4,2	3,7
6..........	III	44	144	331	133	3,4	2,9

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les Poisons sympathicolytiques peuvent-ils transformer, en une action vaso-dilatatrice, l'action vaso-constrictive des amines dont ils n'inversent pas l'action hypertensive ?* Note de M. RAYMOND-HAMET, présentée par M. Delépine.

Les pharmacologistes ont accoutumé de ranger en deux groupes les amines voisines de l'adrénaline : d'une part, celui des sympathicomimétiques vrais dont l'action hypertensive est inversée par l'ergotamine et la yohimbine; d'autre part, celui des pseudo-sympathicomimétiques dont les effets hypertenseurs sont diminués mais non inversés par ces alcaloïdes.

Dès 1927, nous avons montré que, si la yohimbine n'inverse pas l'action hypertensive de l'éphédrine, substance tenue pour pseudo-sympathicomimétique, elle exerce, du moins, sur l'action vaso-constrictive de cette amine, la même influence que sur celle de l'adrénaline.

Se basant sur des résultats expérimentaux obtenus par la méthode très critiquable de Ganter, Schretzenmayr a prétendu que l'action vaso-constrictive des amines pseudo-sympathicomimétiques peut, comme celle de l'adrénaline, être inversée par l'ergotamine.

La méthode de Schilf, légèrement modifiée, nous a permis d'étudier *in situ* l'influence que les substances sympathicolytiques exercent sur l'action vaso-constrictive de certaines amines pseudo-sympathicomimé-

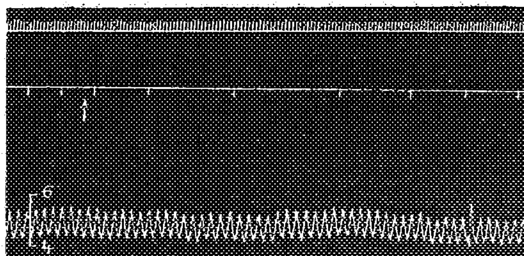


Fig. 1. — Expérience du 3 septembre 1931. Chien 22^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kilogramme), ayant ses vagues coupés au cou, soumis à la respiration artificielle, ayant subi la bisurrénalectomie et la section des deux Splanchnici majores et des deux Splanchnici minores I, enfin ayant reçu en injection intraveineuse 198^{mg} de polyanétholsulfonate de sodium en solution dans 50^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium. 1re ligne : temps en secondes; 2e ligne : modifications de l'écoulement de la veine fémorale de la patte postérieure gauche chaque trait; 3e ligne : variations de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. Au point marqué par la flèche, injection, dans l'artère fémorale profonde, de $0^{mg},2$ de méthylaminométhyl-(paraoxyphényl)-carbinol en solution dans 2^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium. Tracé réduit d'un tiers.

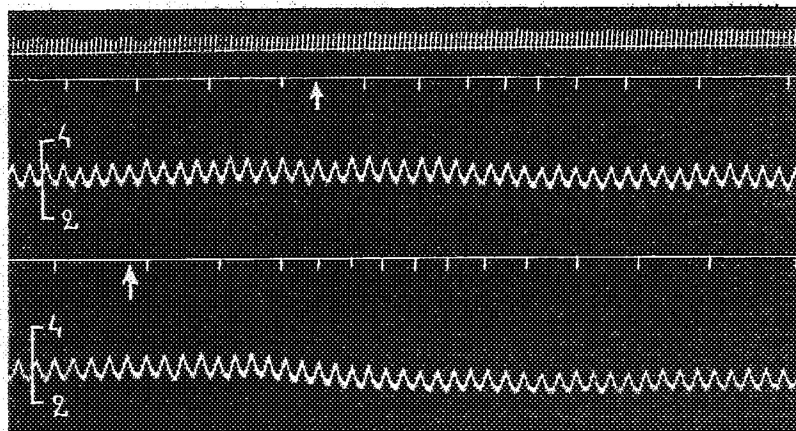


Fig. 2. — Expérience du 25 septembre 1931. Chien 14^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kilogramme) ayant ses vagues coupés au cou, soumis à la respiration artificielle, ayant subi, 3/4 d'heure avant l'expérience, la bisurrénalectomie et la section des deux Splanchnici majores et des deux Splanchnici minores I, ayant reçu en injection intraveineuse 126^{mg} de polyanétholsulfonate de sodium en solution dans 40^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium, enfin ayant reçu, dans l'artère fémorale profonde, 5 injections successives de chacune 25^{mg} de méthanesulfonate de yohimbine en solution dans 2^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium puis 2 injections successives de chacune 2^{cm^3} de ce même soluté physiologique. Première ligne : temps en secondes; deuxième et quatrième lignes : modifications de l'écoulement de la veine fémorale de la patte postérieure gauche; troisième et cinquième lignes : variations de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. Au point marqué par la flèche supérieure, injection, dans l'artère fémorale profonde, de $0^{mg},2$ de méthylaminométhyl-(paraoxyphényl)-carbinol en solution dans 2^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium. Au point marqué par la flèche inférieure, injection, dans l'artère fémorale profonde, de $0^{mg},02$ d'adrénaline en solution dans 2^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium. Tracé reproduit en grandeur naturelle.

tiques, en particulier sur celle du méthylaminométhyl-(paraoxyphényl)-carbinol dont l'action hypertensive n'est inversée ni par l'ergotamine, ni par la yohimbine.

Si l'on injecte dans une ramification de l'artère fémorale d'un chien, 2$^{cm^3}$ d'une solution à 0,1 pour 1000 de méthylaminométhyl-(paraoxyphényl)-carbinol dans le soluté physiologique de chlorure, de sodium, on observe une diminution très marquée et assez durable de l'écoulement de la veine fémorale (*fig.* 1).

Si, chez un chien qui a reçu, dans une ramification de l'artère fémorale, cinq injections de chacune 25^{mg} de méthanesulfonate de yohimbine en solution dans 2$^{cm^3}$ de soluté physiologique de chlorure de sodium, puis 2$^{cm^3}$ de ce soluté, on injecte, dans ce même vaisseau, 0^{mg},2 de méthylamino-méthyl-(paraoxyphényl)-carbinol, on observe une augmentation très nette de l'écoulement veineux, augmentation qui est toutefois moins durable que celle que provoque l'injection dans ledit vaisseau de 0^{mg},02 d'adrénaline en solution dans 2$^{cm^3}$ de soluté physiologique de chlorure de sodium (*fig.* 2). Ajoutons qu'une dose forte d'adrénaline injectée dans ce même vaisseau produit une vaso-constriction nette mais assez peu durable (*fig.* 3).

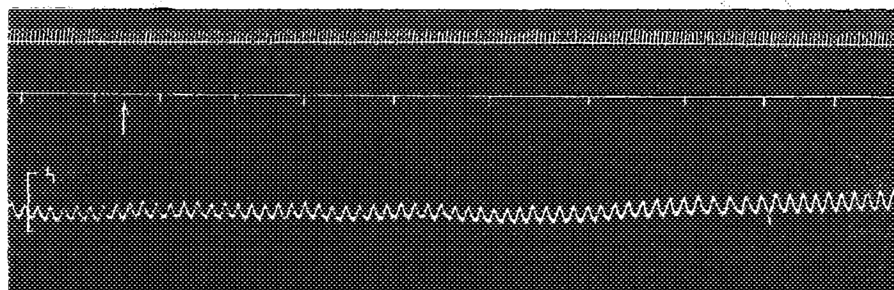


Fig. 3. — Suite de la figure 2. Au point marqué par la flèche, injection, dans l'artère fémorale profonde, de 2^{mg} d'adrénaline en solution dans 2$^{cm^3}$ de soluté physiologique de chlorure de sodium. Tracé réduit d'un quart.

Ainsi donc, grâce à la méthode de perfusion *in situ*, nous avons réussi à démontrer que la yohimbine peut transformer, en une action vaso-dilatatrice, l'action vaso-constrictive d'une amine dont l'effet hypertenseur ne peut pas être inversé par les substances sympathicolytiques.

De ces faits nous pouvons tirer deux conclusions :

1° Puisque les effets cardio-stimulants des amines voisines de l'adrénaline ne sont ni inversés ni supprimés par les agents sympathicolytiques, l'action hypertensive de ces amines ne peut être inversée que si leur action vaso-

constrictive est transformée par lesdits agents en une action vaso-dilatatrice suffisamment forte. Quand elle n'est transformée qu'en une action vaso-dilatatrice faible, on observe une hypertension réduite mais évidente.

2° Le caractère, qu'on peut tirer de ce que l'action hypertensive d'une amine voisine de l'adrénaline est inversée ou non par les substances sympathicolytiques, ne peut être utilisé, dans la classification naturelle de ces amines, que comme un caractère secondaire.

A 15h55m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h20m.

E. P.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 MAI 1932.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTÉORITES. — *Chutes récentes de météorites en Afrique occidentale.* Note de M. **A. Lacroix.**

M. Auguste Chevalier vient de rapporter d'un voyage d'Algérie au Niger un fragment de météorite pierreuse. Sa découverte est due à un événement fortuit dont mon collègue m'a donné le récit suivant :

« Le 19 janvier 1932; vers 21 heures, me trouvant à Gao, sur le Niger (Colonie du Soudan), j'entendis une forte détonation semblable au bruit que ferait la déflagration d'une cartouche de dynamite. Les ouvertures de l'hôtel étant closes, je ne perçus aucune lumière, mais, le lendemain matin, différents Européens me racontèrent qu'ils avaient vu une lueur éclatante qui avait entouré tout le village et quelques instants après (de une à deux minutes suivant les divers informateurs) ils avaient entendu une détonation comparable à l'éclatement proche d'un obus de 75.

» D'autre part, M. Fronteau, entrepreneur de transports, revenant le même soir de Kidal et se trouvant vers 21 heures dans l'Oued Tilemsi, à 20 ou 30^{km} de Gao, perçut une lueur intense et quelques secondes après un bruit formidable. Il fut ébranlé; il crut que son moteur avait fait explosion et que son auto était en feu, mais aussitôt tout rentra dans le silence et l'obscurité.

» Le même jour, à la même heure, un géologue, M. Reformatsky, qui se trouvait aux environs de Filingué, à 300 ou 400^{km} au sud-est de Gao, aperçut un forte lueur, mais n'entendit pas de bruit.

» Il est donc vraisemblable que, le 19 janvier, une météorite est tombée

aux environs de Gao, au Nord-Est suivant certains témoins, au Sud-Est suivant d'autres. La chute a dû se faire à 20 ou 30^{km} de Gao, dans un lieu désert, parcouru seulement par les Nomades. Les recherches faites pour la retrouver sont restées sans résultat. »

Le lendemain de cet événement, les indigènes de Gao étaient fort agités. L'un d'eux en dit la cause à M. Chevalier : les livres arabes consultés par les lettrés leur avaient appris que la chute d'un bolide (benatondi), survenant au cours du mois de janvier, est l'indice d'une guerre prochaine. Son boy peulh ayant entendu la conversation lui dit peu après: «Je connais bien cela, la même chose s'est produite dans mon village, il y a quelques années, et le commandant blanc a fait ramasser des pierres tombées du ciel à ce moment; je les ai vues. » Cet indigène était originaire de Birni N'Konni, poste situé à l'est de Niamey, dans la Colonie du Niger et sur la frontière de la Nigeria du Nord.

Ce village était sur l'itinéraire de M. Chevalier; lorsque onze jours plus tard, cet explorateur l'atteignit, son premier soin fut de faire une enquête qui confirma le récit du boy. Une météorite était bien tombée, en avril ou mai 1923, à 6^{km} de Birni N'Konni, entre les villages de Dongo et de Rougoumaoua, près de la mare appelée lac de Kalmalo, celle-ci est en territoire anglais.

Deux morceaux de la pierre avaient été recueillis par les soins de l'administrateur de Birni N'Konni; mais celui-ci semble n'y avoir pas attaché beaucoup d'importance, il les conserva cependant longtemps comme presse-papier; deux administrateurs se sont succédé depuis lors dans ce poste, et ces échantillons n'ont pu être retrouvés. Par contre, un troisième morceau a été trouvé en possession d'un chef indigène qui le gardait précieusement comme fétiche; c'est cette pierre, du poids de 560^{g}, qui a été rapportée au Muséum.

Elle a la forme d'un polyèdre irrégulier à quatre faces; deux sont dues à des cassures artificielles; les deux autres, d'origine primaire, très bosselées, sont recouvertes par une croûte uniforme, terne et rugueuse, d'un brun noirâtre.

La roche est dure et tenace, de couleur grise, tachetée de rouille, elle a dû être conservée dans un milieu humide.

Sur une surface polie, apparaissent de nombreuses petites grenailles de fer nickelé; irrégulières, parfois allongées, elles englobent, çà et là, des grains de troïlite. De petits chondres se voient à la loupe; ils sont généra-

lement de couleur plus foncée que le milieu microgrenu dans quoi ils sont solidement encastrés et dont ils ne peuvent être détachés. Il n'existe pas de veinules.

Il s'agit là d'une chondrite plioferrifère de ma classification ([1]), d'une chondrite grise de celle de Tschermak-Brezina. Sa densité est de 3,59.

Au microscope, la structure se montre tufacée, les chondres d'olivine et de bronzite sont assez nombreux au milieu de débris des mêmes minéraux. De loin en loin, apparaissent quelques cristaux de clino-bronzite, à fines macles polysynthétiques, parfois bordés d'un étroit liséré de diopside-bronzite plus biréfringent et à extinctions plus grandes. Il existe une très petite quantité de feldspath non maclé, intersertal.

Les chondres sont très variés de structure et de composition quantitative. Je citerai, en particulier, ceux où l'olivine constitue une grille à barreaux parallèles dont les intervalles sont remplis par du fer métallique ou bien par des baguettes de bronzite groupées à axes parallèles, mais d'orientation différente de l'olivine. Quelques chondres de bronzite ont une structure plus compliquée que d'ordinaire; le groupement sphérolitique, à point de départ excentrique, ne les constitue pas entièrement, une partie du chondre est constituée par de petites aiguilles enchevêtrées du même minéral.

Le fer métallique enveloppe les débris de minéraux aussi bien que les chondres. L'examen microscopique par réflexion le montre homogène et dépourvu de macles.

En résumé, cette météorite présente toutes les particularités d'un type assez commun de sporadosidère.

GÉOLOGIE. — *Existence de nombreux grains de quartz, d'origine éolienne, dans l'Ordovicien des environs de Leningrad.* Note ([2]) de M. **L. Cayeux.**

L'Ordovicien des environs de Leningrad, d'une richesse en glauconie qui lui imprime une physionomie très aberrante, se singularise encore par l'existence de phénomènes éoliens, enregistrés à deux niveaux différents.

([1]) A. Lacroix, *Les météorites tombées en France et dans ses colonies et conservées au Muséum national d'histoire naturelle, avec remarques sur la classification des météorites* (*Bull. Muséum*, Paris, 1929, p. 415).

([2]) Séance du 25 avril 1932.

D'après F. Schmidt [1], ce terrain débute par un *sable glauconieux* (B_1), épais de $0^m,30$ à 3^m, que surmonte un *calcaire glauconieux* (B_2), d'une puissance variant de $3^m,60$ à 12^m.

1° De l'étude des matériaux que je dois à l'obligeance du regretté Th. Tschernyschew, il résulte que le sable glauconieux de base est, en réalité, une roche meuble ou faiblement cohérente, revêtant à l'œil nu l'apparence d'une craie extrêmement glauconieuse, en voie de désagrégation. Au microscope, le dépôt n'a rien d'une craie proprement dite. Des préparations tirées de parties agglutinées d'un sable de Popowka montrent de la glauconie typique, en telle abondance que ses éléments se touchent souvent. Les grains verts, d'un diamètre compris entre $0^{mm},02$ et $0^{mm},2$, ont une forme générale arrondie, mamelonnée, subanguleuse, voire même anguleuse. Pas un seul élément n'évoque l'idée d'un moule de Foraminifère.

Pour apprécier à sa valeur la caractéristique minéralogique tirée de la présence et de la profusion de la glauconie dans ces dépôts très anciens, il suffit de se rappeler qu'en France, notamment, ce minéral ne fait son apparition qu'au début des temps secondaires, et qu'il témoigne, en moyenne, d'une grande rareté jusqu'à l'Infracrétacé, où son développement prend un essor considérable.

Le quartz affecte trois manières d'être :

A. Grains, nombreux, en forme de dragées, quelquefois subsphériques et même sphériques, mesurant jusqu'à $0^{mm},5$ de diamètre. Les plus répandus ont un plus grand diamètre d'environ $0^{mm},4$. Leur surface est pareille, en tous points, à celle des grains de quartz éoliens, les plus typiques des dunes de Gascogne, c'est-à-dire qu'elle est très finement écailleuse.

B. Grains anguleux, à la fois moins gros et moins fréquents que les éléments d'origine éolienne.

C. Quartz formant une abondante poussière de granules et d'un diamètre souvent inférieur à 1 μ.

Il s'ensuit qu'une même plage réunit des granules et des grains de quartz dont le diamètre varie dans le rapport de 1/500 et même moins.

Cette constitution ne répond nullement à celle d'un sable d'origine exclu-

---

(1) F. Schmidt, *On the Silurian (and Cambrian) Strata of the Baltic Provinces of Russia as compared with those of Scandinavia and the Bristish Isles* (*Q. J. G. S.*, 38, 1882, p. 514-536, pl. XXIII); *Kurze Uebersicht der Geologie der Umgebung von Saint-Petersbourg* (*Guide des excursions du VIIe Congrès géol. int.*, 34, 1897, 14 pages, 1 carte).

sivement marine. A la vérité, le quartz en grains arrondis fait figure de corps étranger dans le milieu, lorsqu'on examine les coupes minces des parties consolidées, et si on les supprime par la pensée, la roche perd ce qu'elle a d'exceptionnel dans sa constitution.

2° Le même contraste s'observe dans un calcaire glauconieux de Jambourg, avec cette différence que les matériaux d'origine éolienne sont plus fréquents et de taille en moyenne un peu plus élevée, les plus gros ne dépassant pas $0^{mm},6$.

Conclusions. — Une expérience déjà longue nous enseigne que l'analyse des sédiments au microscope est susceptible de fournir de nombreuses et précieuses données sur le régime des mers anciennes. Les exemples précédents nous apprennent qu'au surplus elle peut nous éclairer sur certaines conditions atmosphériques des temps passés. C'est ainsi que l'étude micrographique des sables et calcaires glauconieux ordoviciens des environs de Leningrad nous révèle qu'à une époque aussi reculée que le Silurien l'atmosphère a été le théâtre, dans la région baltique, de mouvements assez importants pour transporter et façonner des grains de sable, dont le caractère éolien est beaucoup plus tranché que celui des matériaux de nos grandes dunes sahariennes.

Il est juste de rappeler à cette place que Nathorst [1] a signalé, dans le conglomérat de base du Cambrien, dans le Vestgötland, en Scandinavie, des cailloux à facettes dont la morphologie spéciale résulterait également d'actions éoliennes. En sorte que les mouvements de l'atmosphère ont laissé des traces profondes dans le domaine baltique aux époques cambrienne et ordovicienne.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *La peste porcine est transmissible expérimentalement à l'homme sous la forme inapparente.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **L. Balozet.**

La notion d'infection inapparente étend, pour chaque maladie infectieuse, la liste des espèces sensibles. Elle l'augmente du nombre de celles qui peuvent héberger un virus sans manifester de signes, appréciables cliniquement. Prenant des exemples dans la pathologie humaine, nous rappellerons que le typhus de l'Ancien Monde ne se manifeste que sous la

---

(1) A. G. Nathorst, *Om kambriska pyramidalstenar* (*Ofver. af K. Vetensk. Akad. Förhandl.*, n° 10, 1885, p. 5-17, fig. 1-4).

forme inapparente chez les muridés inoculés, qu'il en est de même de la dengue chez le cobaye, de la syphilis pour la souris, de la variole pour le chien, et de nos spirochétoses pour un grand nombre d'espèces. Dans le groupe des maladies naturelles des animaux domestiques, la forme inapparente de l'anémie infectieuse des équidés chez le porc nous offre un exemple connu depuis assez longtemps, bien que la portée générale du fait ait échappé aux savants qui l'ont découvert. W. de Kock (1), reprenant les expériences de la Commission Japonaise, chargée de l'étude de cette maladie, et celles de Luhrs, d'Habersang et de Kutsche, a établi que le porc, inoculé avec le virus anémique, ne manifestait aucun trouble, mais que son sang était virulent le 42e et le 117e jour après l'inoculation. Dans le même domaine vétérinaire, Jacotot (2) a récemment montré que le lapin et le porc sont sensibles au virus de la peste bovine, mais qu'ils contractent cette maladie seulement sous la forme inapparente.

Commensal des animaux domestiques, l'homme reçoit vraisemblablement d'eux un certain nombre de maladies qui évoluent chez lui sans symptômes et, par conséquent, passent inaperçues. L'un de nous (3), l'an dernier, a montré qu'une des maladies animales les plus répandues : la maladie du jeune âge des chiens, lui est transmissible sous la forme inapparente. Nous apportons aujourd'hui un nouvel exemple de même ordre avec la peste porcine.

Un sujet reçoit sous la peau 5^{cm^3} de sang de porc pestique (virus A. P. A.). Le cinquième jour après cette inoculation, le sujet, qui ne présente et ne présentera par la suite aucun symptôme, est saigné, et son sang est inoculé à deux porcelets : l'un d'eux en reçoit 5^{cm^3}, l'autre 55^{cm^3}. Le premier montre au cinquième jour de l'inoculation une élévation thermométrique, suivie de l'évolution de la maladie dont il meurt le vingt-quatrième jour. Le deuxième porcelet a montré sa première réaction thermométrique le quatrième jour; elle a été suivie d'une maladie grave qui a provoqué la mort au dix-neuvième jour.

L'homme est donc sensible au virus de la peste porcine sans que l'infection que lui confère ce virus se traduise par le moindre symptôme apparent.

---

(1) W. DE KOCK, *A contribution to the study of virus, haematology and pathology of Infectious Anaemia of Equines under South African conditions* (9 th and 10 th *Reports of the Director of Veterinary Education and Research*, 1923, Pretoria).

(2) H. JACOTOT, *Études sur la peste bovine* (*Ann. de l'Institut Pasteur*, 48, 1932, p. 377-399).

(3) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1069.

Seule, l'inoculation du sang du sujet à des porcs sensibles peut révéler l'infection. S'il était établi que l'homme puisse être infecté, dans les conditions naturelles, comme il l'est dans les conditions expérimentales que nous avons réalisées, son rôle dans la propagation des épizooties porcines prendrait un caractère actif au lieu du caractère passif qu'on lui accorde aujourd'hui.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *L'état de la chaux et de l'acide phosphorique dans le lait de vache*. Note de M. **Ch. Porcher** et M[lle] **J. Brigando**.

La répartition de la chaux et de l'acide phosphorique dans le lait de vache a fait l'objet de nombreuses recherches s'appuyant principalement sur des méthodes physiques qui permettent, lorsqu'elles sont judicieusement employées et interprétées, d'avoir de cette répartition une notion exacte. Elles nous montrent que l'acide phosphorique et la chaux sont cristalloïdes pour une part et colloïdes pour le reste, et qu'en ce qui concerne les relations de l'un et de l'autre avec la caséine, les faits nous mettent dans l'obligation d'admettre que la caséine *en son entier*, l'acide phosphorique et la chaux *en partie*, sont rassemblés dans un *complexe caséinate de calcium + phosphates de calcium*, en lequel réside la propriété biochimique caractéristique du lait, celle de faire bloc sous l'action de la présure.

Quand on filtre du lait sur une bougie de porcelaine, on recueille d'une part un liquide, *le sérum* qui traverse la paroi poreuse de la bougie et renferme tous les cristalloïdes du lait ainsi qu'une partie de l'albumine et, d'autre part *un enduit*, qui contient essentiellement tout le caséinate calcique et un mélange de phosphate bi- et tri-calciques insolubles.

En délayant cet enduit dans le sérum, on reconstitue le lait originel qui va coaguler sous l'action d'une présure suffisamment dialysée pour être débarrassée de toute charge saline. *Par contre, en délayant cet enduit dans de l'eau distillée*, on réalise une liqueur homogène laiteuse, mais qui ne coagule plus par l'apport de la présure ci-dessus; tout au plus, obtient-on, et encore tardivement, quelques flocons que l'on ne retrouve plus quand la liqueur laiteuse est filtrée à son tour sur une bougie de porcelaine et qu'on la reconstitue en délayant dans de l'eau distillée le nouvel enduit obtenu. Si l'on ajoute à la liqueur laiteuse du premier délayage, que l'on peut considérer comme une solution colloïdale du complexe naturel, un peu d'un sel soluble de calcium, la coagulation par la présure se fera en un bloc comme celle du lait lui-même.

La filtration sur bougie de porcelaine, en éliminant les sels solubles de calcium qui sont passés dans le sérum, a laissé sur la paroi un *enduit que nous savons fait de phosphates insolubles et de caséinate de calcium*. En l'absence d'un sel soluble calcique, la liqueur provenant du délayage de ce mélange dans l'eau distillée ne peut coaguler la présure; elle récupère cette propriété, comme on vient de le voir, par l'addition d'un sel de calcium soluble dont l'anion importe peu.

Lorsqu'on dialyse du lait, les phosphates insolubles de son propre complexe ne peuvent traverser la membrane puisqu'ils affectent l'état colloïdal sous la forme de grains assez gros. Mais l'acide phosphorique et la chaux cristalloïdes, — il s'agit ici de l'acide phosphorique, des phosphates alcalins normaux d'une part, de la chaux du citrate tricalcique ainsi que du phosphate monocalcique d'autre part — traversent, eux, la membrane du dialyseur. Les dialysats obtenus, examinés avant qu'on ne les chauffe, sont absolument limpides, sans la moindre amorce de précipité; les masses en présence et la réaction du milieu font qu'il n'y a aucune formation de phosphate calcique insoluble, bien que nous ayons en présence de l'acide phosphorique et de la chaux.

Si l'on porte les dialysats au bain-marie jusqu'à siccité, des interréactions se produisent par paliers entre les phosphates alcalins et les sels calciques susdits qu'ils renferment pour aboutir à la formation de phophate tricalcique; mais de là à admettre (¹) qu'il s'agit de phosphate tricalcique « enlevé » par dialyse, il y a loin; *ce phosphate tricalcique, recueilli par évaporation au bain-marie des eaux de dialyse, n'était nullement préformé.* L'étude de la mécanique chimique des phosphates calciques, sur laquelle nous reviendrons plus tard, le montre.

Quand on parle d'étudier ce que l'un de nous a appelé la constitution du lait en recourant à des moyens physiques simples comme la centrifugation et surtout la dialyse, *il faut absolument rester dans les limites que l'emploi de ces moyens vous impose et ne faire intervenir aucune masse chimique étrangère, aucun apport salin susceptible de troubler considérablement, au point de les déformer tout-à-fait, les équilibres antérieurs*. Or c'est ce que n'a pas fait M. Piettre, qui a procédé à *la dialyse du lait en présence de quantités considérables de citrate sodique* : 35^g par litre. Nous laisserons de côté le recours au citrate monosodique, sel encore très acide, dont la constante de dissociation, plus grande que celle de la caséine, nous permet de comprendre qu'il précipite en flocons la caséine de son sel calcique

(¹) M. PIETTRE, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1041.

originel, et nous ne retiendrons que les deux autres citrates, le bi- et le trisodique. Ils font disparaître complètement l'opacité du lait par double décomposition entre eux et le caséinate calcique et ceci est régulier. En raison de leur forte masse, la caséine du caséinate calcique, passe presque en son entier à l'état de caséinate sodique aux solutions translucides, pendant que, de son côté, la chaux du caséinate calcique, alors *colloïdale et micellaire* sous cette forme saline, revêt du fait de la double décomposition ci-dessus, l'aspect de citrate calcique, *cristalloïde et dialysable*.

Si l'on fait les calculs des quantités de soude correspondant à 35^g de citrate trisodique, on voit qu'il y a, en chiffres ronds, un apport de quarante molécules de soude pour une seule molécule de chaux relevant du caséinate.

L'un de nous ([1]) a montré antérieurement que, dans la dialyse d'une solution de caséinate calcique additionnée de chlorure de sodium, la chaux du caséinate passe presque en son entier au travers du dialyseur, ce qu'elle ne fait point en l'absence d'un sel sodique. Dans cette expérience, les quantités de soude apportées par le chlorure de sodium n'étaient moléculairement que six fois plus fortes que celles de la chaux du caséinate et non pas quarante fois comme dans l'expérience de M. Piettre réalisée sur du lait.

La loi d'action de masses joue quel que soit l'état physique des sels en présence, cristalloïde ou colloïdal, et c'est pour en avoir méconnu l'intervention dans ses propres expériences que M. Piettre a tiré de celles-ci des conclusions que nous estimons erronées.

NOMINATIONS.

M. **H. Villat** est désigné pour faire partie de la délégation de l'Académie au *Cinquième centenaire de l'Université de Caen*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui désigner 14 de ses Membres qui occuperont, dans le *Conseil*

([1]) Ch. Porcher, *Le lait au point de vue colloïdal* (*Th. doct. ès sc. phys.*, Lyon, 1929).

National de l'Office national des Recherches scientifiques et des Inventions, les places qui vont devenir vacantes par l'expiration des pouvoirs des Membres élus en 1928.

M. **Emmanuel de Martonne** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Géographie et Navigation par le décès de M. *G. Ferrié*.

M. **Émile Belot** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Astronomie par le décès de M. *G. Bigourdan*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la convergence des probabilités en chaîne.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Hadamard.

Un système matériel déterminé pouvant, par hypothèse, se présenter sous un nombre fini fixe d'états incompatibles : $E_1, \ldots, E_r$, Markoff considère ces états comme *en chaîne*, s'il y a une probabilité determinée $P_{jk}^{(n)}$ pour que le système passe en n épreuves de l'état E_j à l'état E_k. Les résultats obtenus à ce sujet par Markoff sont résumés dans un intéressant Ouvrage de M. Hostinsky (*Méthodes générales du Calcul des Probabilités*, Gauthier-Villars, 1931).

A l'occasion de mon cours du premier semestre 1931-32, j'ai pu compléter sur certains points les travaux de Markoff.

Posons $p_{jk} = P_{jk}^{(1)}$. Le cas simple où le déterminant des p_{jk} se réduit à $\begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix}$ montre que $P_{jk}^{(n)}$ peut ne pas tendre vers une limite déterminée quand n croît. Il est donc intéressant d'observer qu'on retombe sur la convergence quand on entend celle-ci au sens de Cesaro, c'est-à-dire quand on substitue à la suite des $P_{jk}^{(n)}$ la suite de leurs moyennes arithmétiques,

$$\Pi_{jk}^{(n)} = \frac{1}{n}[P_{jk}^{(1)} + P_{jk}^{(2)} + \ldots + P_{jk}^{(n)}].$$

Il est d'autant plus indiqué d'étudier le comportement des $\pi_{jk}^{(n)}$ que ces quantités ont une signification simple. En effet, $\pi_{jk}^{(n)}$ est la valeur moyenne $\mathfrak{M} f_{jk}^{(n)}$ de la fréquence de l'état E_k au cours d'une suite de n épreuves, à partir de l'état E_j.

On obtient ainsi un certain nombre de résultats que je crois nouveaux :

1. *Les probabilités itérées* P_{jk}^{n} *convergent* TOUJOURS, *au sens de Cesaro, vers des limites respectives* π_{jk}.

2. *Les différences* $(\pi_{jk}^{n} - \pi_{jk})$, *infiniment petites avec* $1/n$, *sont* TOUJOURS *d'un ordre au moins égal à celui de* $1/n$.

3. *La condition nécessaire et suffisante pour que les limites* π_{jk} *des valeurs moyennes*, $\pi_{jk}^{(n)} = \mathfrak{M} f_{jk}^{(n)}$, *des fréquences* $f_{jk}^{(n)}$, *soient indépendantes de l'état initial* E_j, *est que l'unité ne soit que racine simple de l'équation « en s »,* $\Delta(s) = 0$ *avec*

$$\Delta(s) \equiv \begin{vmatrix} p_{11}-s & p_{21} & \dots & p_{r1} \\ p_{12} & p_{22}-s & \dots & p_{r2} \\ \dots & \dots\dots & \dots & \dots \\ p_{1r} & p_{2r} & \dots & p_{rr}-s \end{vmatrix}$$

4. *La condition nécessaire et suffisante, pour que les limites* Π_{jk} *des valeurs moyennes* $\pi_{jk}^{(n)}$ *des fréquences* $f_{jk}^{(n)}$ *soient indépendantes de l'état initial* E_j *et de l'état final* E_k, *est que : 1° l'unité ne soit que racine simple de* $\Delta(s)$, *2° on ait*

$$(T_1') \qquad \sum_{j=1}^{r} p_{jk} = 1$$

(en outre de la condition, *toujours vérifiée*

$$\sum_{k=1}^{r} p_{jk} = 1).$$

Revenons à l'*étude directe des* $P_{jk}^{(n)}$. Appelons *cas semi-régulier*, le cas où les $P_{jk}^{(n)}$ ont chacun une limite correspondante P_{jk} $(= \pi_{jk})$ quand n croît, et *cas régulier* le cas où chaque $P_{jk}^{(n)}$ a une limite P_k indépendante de l'état initial E_j.

On peut démontrer que, dans le cas semi-régulier, la série

$$(1) \qquad s_{jk} = \sum_{t=1}^{t=+\infty} (P_{jk}^{t} - P_{jk})$$

est absolument convergente. Ceci permet de préciser la proposition 2, *dans le cas semi-régulier; on a alors en effet*

$$(2) \qquad \lim_{n \to \infty} n(\Pi_{jk}^{(n)} - P_{jk}) = s_{jk}.$$

D'autre part,

5. *La condition nécessaire et suffisante pour qu'on soit dans le cas semi-régulier est que l'équation en s,* $\Delta(s) = 0$, *n'ait pas d'autres racines de module* 1 *que l'unité.*

En combinant cette dernière proposition avec les précédentes, on obtient des énoncés que j'ai démontrés d'une autre manière dans mon cours et qui ont été aussi obtenus indépendamment par les élèves de M. Hostinsky.

Dispersion. — Soient $\mathcal{E}_{jk}^{(n)}$, $\mathcal{G}_{jk}^{(n)}$ les écarts quadratiques moyens de la fréquence $f_{jk}^{(n)}$ avec sa moyenne $\pi_{jk}^{(n)}$ et avec la limite π_{jk} de celle-ci. Markoff avait démontré que, dans le cas positivement régulier, les quantités $\sqrt{n}\,\mathcal{E}_{jk}^{(n)}$, $\sqrt{n}\,\mathcal{G}_{jk}^{(n)}$ ont chacune une limite quand n croît et que ces limites sont égales. Grâce à l'introduction des s_{jk}, on peut chiffrer simplement cette imite commune.

6. *Dans le cas régulier, on a*

$$\lim_{n \to \infty}\left[\sqrt{n}\,\mathcal{E}_{jk}^{(n)}\right] = \lim_{n \to \infty}\left[\sqrt{n}\,\mathcal{G}_{jk}^{(n)}\right] = P_k(1 - P_k + 2s_{kk}). \tag{3}$$

Dans le cas semi-régulier, les deux premiers membres ne sont peut-être pas finis, mais $\mathcal{E}_{jk}^{(n)}$ et $\mathcal{G}_{jk}^{(n)}$ ont certainement des limites finies et égales.

On déduit aussi des théorèmes ci-dessus des énoncés correspondants, pour le comportement de la valeur moyenne d'une fonction $\varphi(E)$ dont la valeur est déterminée à chaque épreuve par l'état E_1, E_2, ..., E_r qui s'est produit.

Cas général. — En ce qui concerne le cas général, le théorème suivant permet de se former une idée du comportement des $P_{jk}^{(n)}$:

8. *Chaque probabilité itérée* $P_{jk}^{(n)}$ *est* TOUJOURS *la somme de deux termes, dont l'un tend vers une limite déterminée* Π_{jk} *quand n croît, tandis que l'autre reprend périodiquement les mêmes valeurs* (de N en N épreuves, N étant déterminé au moyen de l'équation en s quand ce second terme n'est pas nul).

Ces diverses propositions sont démontrées dans un Mémoire qui paraîtra incessamment. Dans un autre Mémoire sous presse est étudié le cas d'un ensemble continu d'états possibles.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des équations aux dérivées partielles.* Note de M. **G. Cerf**, présentée par M. Goursat.

I. Le but de la présente Note est d'indiquer une méthode de recherche des intégrales d'un système différentiel quelconque S, avec quelques exemples simples.

On forme le système de Pfaff, de classe c, Σ, équivalent à S et l'on cherche à lui adjoindre des équations aux différentielles totales, aux mêmes variables, pour former un système de Pfaff Σ_1 dont la classe c_1 soit inférieure à c. Ce problème est lié au suivant : du système de Pfaff qui définit

les éléments singuliers de Σ extraire des équations dont le système soit de classe inférieure à c.

Dans des cas favorables, par l'intégration d'équations différentielles déduites de Σ_1, et contenant une ou plusieurs fonctions arbitraires, puis par des calculs d'élimination, on obtiendra des intégrales de S. S'il est possible de trouver des systèmes Σ_1 d'un degré de généralité suffisant, on peut espérer déterminer ainsi toutes les intégrales de S.

On voit que, au fond, cette méthode consiste à rechercher des systèmes différentiels qui admettent avec S des intégrales communes dépendant (en général) de constantes arbitraires; elle constitue, dans une certaine mesure, une généralisation de la méthode de Darboux et des recherches de M. Drach.

II. Nous allons en esquisser l'application aux équations aux dérivées partielles du deuxième ordre, à deux variables indépendantes. Soit, avec les notations habituelles, une équation (E)

$$r = f(x, y, z, p, q, s, t).$$

Le système Σ est ici de classe 7 :

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} & dz - p\,dx - q\,dy = 0, \\ & dp - f\,dx - s\,dy = 0, \\ & dq - s\,dx - t\,dy = 0. \end{aligned} \right.$$

Cherchons à adjoindre à Σ une équation aux différentielles totales aux sept variables x, y, z, p, q, s, t pour que le système Σ_1 des quatre équations soit de classe 6; soient $u_1, u_2, \ldots, u_6$ un système de variables caractéristiques de Σ_1; ce sont six fonctions indépendantes de $x, \ldots, t$. Posons, par exemple, u_6 fonction arbitraire de u_5 :

$$(2) \qquad u_6 \varphi(u_5).$$

De Σ_1, nous déduisons un système d'équations différentielles ordinaires en u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 dont l'intégration fournit quatre relations

$$(3) \qquad H_i(u_1, \ldots, u_5) = c_i \qquad (i = 1, 2, 3, 4).$$

Les 5 relations (2) et (3) peuvent être en général résolues par rapport à z, p, q, s, t et fournissant des intégrales de (E) qui dépendent de la fonction arbitraire φ et des constantes c_i.

Appelons λ_1 et λ_2 les deux racines (supposées distinctes) de l'équation

$$\lambda^2 + \lambda \frac{\partial f}{\partial s} - \frac{\partial f}{\partial t} = 0,$$

la quatrième équation aux différentielles totales doit être de la forme

$$ds + \lambda_1\, dt - \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right) dx = \eta(dy - \lambda_2\, dx),$$

où η est une fonction de $x \ldots t$ à déterminer et où $(\partial f / \partial y)$ a la signification habituelle. Pour que Σ_1 soit de classe 6, il est nécessaire que f et η satisfassent à un système de deux équations aux dérivées partielles : du premier ordre en η, du deuxième ordre en f; les deux équations de ce système pouvant être résolues par rapport à $\partial\eta/\partial t$ et $\partial^2 f/\partial t^2$, il existe certainement une classe étendue d'équations (E) auxquelles on peut appliquer la méthode; il reste à discuter, f étant connue, le degré de généralité de η.

Ainsi donc, une équation (E) de la classe obtenue étant proposée, toute solution particulière du système en η permet de déterminer, par l'intégration d'équations différentielles, des intégrales de (E) qui dépendent d'une fonction arbitraire.

Considérons, par exemple, le cas où f ne dépend que de s et t : si l'équation admet un système de caractéristiques du premier ordre, les deux conditions en f et η se réduisent à une seule; toutes les équations de cette espèce appartiennent, dès lors, à la classe obtenue.

III. Dans le cas d'une équation quelconque du deuxième ordre à un système de caractéristiques du premier ordre, E′, du système Σ, on peut déduire un système de deux équations de classe σ, Σ'; on cherchera une équation aux différentielles totales qui, adjointe à Σ', forme un système Σ'_1, de classe 5; la nouvelle équation doit être une combinaison des équations des caractéristiques du premier ordre de E′; la question présente des relations avec le problème de Bäcklund.

Si E′ possède un invariant du premier ordre, la méthode se confond avec celle de Darboux.

Il est clair que les considérations précédentes s'étendent aux systèmes prolongés de Σ; elles s'appliquent d'ailleurs déjà aux équations aux dérivées partielles du premier ordre.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les dérivées normales des fonctions harmoniques dans le problème de Dirichlet.* Note de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. Henri Villat.

Dans une Note précédente (¹), j'ai été conduit, par un problème d'hydrodynamique, à chercher les dérivées normales d'une fonction harmonique

(¹) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1162.

donnée par des valeurs sur une sphère. La méthode que j'ai utilisée est basée sur l'emploi des fonctions sphériques. Si M_0 est un pointfixe sur la sphère Σ de rayon unité (il suffit d'envisager ce cas), M un point variable de coordonnées γ et θ [1], et $U(M) = U(\gamma, \theta)$ une fonction donnée sur Σ, en appelant $W(P)$ la fonction harmonique définie dans tout l'espace, régulière à l'infini et prenant sur Σ les valeurs $U(M)$, on obtient pour les dérivées normales en M_0, extérieure et intérieure [2], les expressions :

$$(A)\quad \begin{cases} \dfrac{dW_e}{dn} = -\dfrac{U(M_0) + U(M_\pi)}{2} - \dfrac{1}{4\pi}\displaystyle\int_0^\pi d\gamma \int_0^{2\pi} \dfrac{U'_\gamma(\gamma, \theta)}{\sin\frac{\gamma}{2}}\, d\theta, \\[2ex] \dfrac{dW_i}{dn} = -\dfrac{U(M_0) - U(M_\pi)}{2} + \dfrac{1}{4\pi}\displaystyle\int_0^\pi d\gamma \int_0^{2\pi} \dfrac{U'_\gamma(\gamma, \theta)}{\sin\frac{\gamma}{2}}\, d\theta, \end{cases}$$

M_π étant le point opposé de M_0, $U'_\gamma(\gamma, \theta)$ existant sur tout grand cercle passant par M_0 et $U''_\gamma(\gamma, \theta)$ seulement dans le voisinage de $\gamma = 0$, les deux dérivées étant continues pour l'ensemble (γ, θ). Ces formules se prêtent aisément à l'étude des dérivées normales. Je renvoie pour une telle étude à un Mémoire qui paraîtra prochainement.

J'ai été naturellement conduit à chercher, par une méthode analogue, les dérivées normales dans le cas du plan.

M. Picard s'est déjà occupé de cette question et en a souligné l'intérêt [3]. Il avait surtout pour but la recherche de l'existence de la dérivée normale, dont il donne l'expression. M. H. Villat, dans ses recherches d'hydrodynamique, a également été conduit à obtenir cette dérivée normale, en s'appuyant sur les propriétés des fonctions analytiques. La formule qu'il démontre (*Acta Mathematica*, 10, 1914, p. 240) donne une intégrale portant sur la dérivée de la fonction arbitraire. La présente méthode part d'un point de vue très différent.

Proposons-nous d'abord de trouver la dérivée normale en un point M_0 du cercle C de rayon unité, de la fonction harmonique définie dans tout le plan par des valeurs $V(\omega)$ (ω étant l'arc M_0M de C compté dans le sens positif) sur C. En appelant $F(V)$ la valeur de cette fonction au point situé

---

(1) γ l'arc de grand cercle M_0M, θ l'angle du plan de ce cercle avec un plan fixe passant par OM_0, $0 \leqq \sigma \leqq \pi$, $0 \leqq \theta \leqq 2\pi$.

(2) Dans la direction OM_0.

(3) *Leçons sur quelques types simples, etc.* fasc. I de la *Collection des Cahiers scientifiques* de M. Julia, Paris, Gauthier-Villars, 1927, p. 200.

sur le rayon de M_0 à la distance $\rho < 1$ du centre, on a

$$(1)\quad F(V) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} V\,d\omega + \frac{1}{\pi}\sum_{n=1}^{n=\infty}\rho^n\int_0^{\pi} V\cos n\omega\,d\omega$$
$$= \frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi}[V(\omega)+V(-\omega)]\,d\omega + \frac{1}{\pi}\sum_{n=1}^{n=\infty}\rho^n\int_0^{\pi}[V(\omega)+V(-\omega)]\cos n\omega\,d\omega.$$

Si le crochet est nul, $F(V)$ est nulle. On en déduit

$$(2)\qquad \frac{dF[V]}{d\rho} = \frac{1}{\pi}\sum_{n=1}^{n=\infty}\rho^{n-1}\int_0^{\pi}[V(\omega)+V(-\omega)]n\cos n\omega\,d\omega.$$

En posant $P_n = \cos n\omega$, on a la *formule de récurrence*

$$nP_n = \frac{d}{d\omega}\left[\frac{1}{2\sin\omega}(P_{n-1} - P_{n+1})\right].$$

Supposons, pour fixer les idées, que $V'(\omega)$ et $V''(\omega)$ existent, la première partout, la seconde dans un voisinage de $\omega = 0$ et $\omega = \pi$, qu'elles soient bornées et que $V'(\omega)$ s'annule pour $\omega = 0$ et $\omega = \pi$. En intégrant par parties dans (2), on obtient

$$\frac{dF(v)}{d\rho} = \left(-1+\frac{1}{\rho^2}\right)F\left[\frac{V'(\omega)}{2\sin\omega}\right] - \frac{1}{\rho\pi}\int_0^{\pi}\frac{V'(\omega)-V'(-\omega)}{2\sin\omega}\cos\omega\,d\omega$$
$$-\frac{1}{2\pi}\left(1+\frac{1}{\rho^2}\right)\int_0^{2\pi}\frac{V'(\omega)-V'(-\omega)}{2\sin\omega}\,d\omega.$$

Comme le crochet reste borné, on peut faire tendre ρ vers l'unité et l'on obtient, après une intégration par parties si $V(0)$ et $V(\omega)$ sont nuls,

$$\frac{dF_i(V)}{dn} = -\frac{1}{4\pi}\int_0^{\pi}[V(\omega)+V(-\omega)]\frac{d\omega}{\sin^2\frac{\omega}{2}}.$$

Soit $U(\omega)$ une fonction donnée sur C et posons

$$v(\omega) = U(0) + \sin\omega\left[U'(0)\cos^2\frac{\omega}{2} - U'(\pi)\sin^2\frac{\omega}{2}\right].$$

La fonction $V(\omega) = U(\omega) - v(\omega)$ satisfait aux conditions requises. On trouve les dérivées normales

$$(B)\quad \begin{cases} \dfrac{dF_i(U)}{dn} = -\dfrac{1}{4\pi}\displaystyle\int_0^{\pi}\left[U(\omega)+U(-\omega)-2U(0)\right]\frac{d\omega}{\sin^2\frac{\omega}{2}}, \\[2ex] \dfrac{dF_e(U)}{dn} = -\dfrac{dF_i(U)}{dn}. \end{cases}$$

En appelant θ et φ les angles polaires de M_0 et M, on a encore

$$(\mathrm{B}') \quad \frac{dF_i[U(\theta)]}{dn} = -\frac{1}{4\pi}\int_0^{2\pi}[U(\varphi) - U(\theta) - U'(\theta)\sin(\varphi-\theta)]\frac{d\varphi}{\sin^2\frac{\varphi-\theta}{2}}.$$

Pour passer au problème de Dirichlet relatif à un domaine D limité par une courbe Γ, il suffira de considérer la fonction qui fait la transformation conforme de D sur C. La dérivée normale s'exprimera alors, en prenant les précautions nécessaires, au moyen de cette fonction et d'une intégrale sur Γ.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation du potentiel.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Henri Villat.

Cherchant à généraliser les intégrales et les équations différentielles du potentiel newtonien, j'ai étudié il y a quelque temps l'intégrale

$$U(x, y, z) = \int\int_S e^{\frac{(x-a)^2+(y-b)^2+(z-c)^2}{2}} d\sigma,$$

étendue à une surface *algébrique* S, où a, b, c sont les variables d'intégration, et j'ai montré ([1]) que si l'équation de S est

$$\sum_{m,n,p} A_{m,n,p} a^m b^n c^p = 1,$$

la fonction U satisfait à l'équation différentielle suivante, où parenthèses et puissances ont un sens symbolique évident,

$$\sum_{m,n,p} A_{m,n,p}\left(x - \frac{\partial}{\partial x}\right)^m \left(y - \frac{\partial}{\partial y}\right)^n \left(z - \frac{\partial}{\partial z}\right)^p U = U.$$

Voici une nouvelle généralisation de ce résultat. Au lieu de la distance $x^2 + y^2 + z^2$, introduisons l'expression du troisième degré

$$x^3 + y^3 + z^3 - 3xyz,$$

et, au lieu de l'exponentielle, c'est-à-dire de la fonction hypergéométrique ${}_0F_0$, la fonction hypergéométrique biconfluente du second ordre ${}_0F_1(1; u)$, qui, comme on le sait, se confond, à l'argument près, avec la fonction de Bessel J_0.

([1]) *Sur le potentiel correspondant à une attraction proportionnelle à* $\rho e^{\frac{\rho^2}{2}}$ (*Mathematica*, Cluj, I, 1929, p. 117-121).

Nous considérerons alors l'intégrale

$$V(x, y, z) = \iint {}_0F_1\left(1 ; \frac{(x-a)^3 + (y-b)^3 + (z-c)^3 - 3(x-a)(y-b)(z-c)}{9}\right) d\sigma$$

étendue à une surface S *algébrique*, dont l'équation sera encore

$$\sum_{m,n,p} A_{m,n,p} a^m b^n c^p = 1.$$

Nous serons alors conduits à la proposition que j'énonce ici, comptant en indiquer la démonstration et certaines conséquences dans un autre Recueil : l'intégrale V satisfait à l'équation aux dérivées partielles (symbolique) suivante :

$$\sum_{m,n,p} A_{m,n,p} \left(x - \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y\, \partial z}\right)\left(y - \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z\, \partial x}\right)\left(z - \frac{\partial^2}{\partial z^2} + \frac{\partial^2}{\partial x\, \partial y}\right) V = V$$

dont l'ordre est égal au double du degré de S.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques équations aux dérivées partielles.* Note de M. **Jacques Devisme**, présentée par M. Henri Villat.

1. Reprenons notre système ([1])

$$\text{(I)} \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial X}{\partial x} = \dfrac{\partial Y}{\partial y} = \dfrac{\partial Z}{\partial z}, \\[2mm] \dfrac{\partial X}{\partial y} = \dfrac{\partial Y}{\partial z} = \dfrac{\partial Z}{\partial x}, \\[2mm] \dfrac{\partial X}{\partial z} = \dfrac{\partial Y}{\partial x} = \dfrac{\partial Z}{\partial y}, \end{cases}$$

on en déduit aisément que X, Y, Z sont des intégrales du système

$$\text{(II)} \qquad \begin{cases} D_x U = \dfrac{\partial^2 U}{\partial x^2} - \dfrac{\partial^2 U}{\partial y\, \partial z} = 0, \\[2mm] D_y U = \dfrac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \dfrac{\partial^2 U}{\partial z\, \partial x} = 0, \\[2mm] D_z U = \dfrac{\partial^2 U}{\partial z^2} - \dfrac{\partial^2 U}{\partial x\, \partial y} = 0, \end{cases}$$

et *a fortiori* de l'équation de M. P. Humbert

$$\text{(1)} \qquad \Delta_3 U = \frac{\partial}{\partial x}(D_x U) + \frac{\partial}{\partial y}(D_y U) + \frac{\partial}{\partial z}(D_z U) = \frac{\partial^3 U}{\partial x^3} + \frac{\partial^3 U}{\partial y^3} + \frac{\partial^3 U}{\partial z^3} - \frac{3\,\partial^3 U}{\partial x\, \partial y\, \partial z} = 0,$$

([1]) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1154.

Si l'on remarque que $D_y U$, $D_z U$, $D_x U$ sont les composantes sur les axes Ox, Oy, Oz du tourbillon du vecteur ayant pour composantes sur les mêmes axes $\partial U/\partial z$, $\partial U/\partial x$, $\partial U/\partial y$ (¹), on en déduit des interprétations géométriques simples des conditions (II) et (1).

2. Les trois fonctions X, Y, Z vérifiant (I) peuvent être considérées comme constituant un système *conjugué*. On a déjà vu (même Note) qu'ils possèdent des propriétés généralisant celles des fonctions conjuguées dans la théorie des fonctions analytiques.

Plaçons-nous maintenant au point de vue de M. N. Cioranesco (²) et considérons la fonction

$$\Phi = \log[(X+\lambda)^3 + (Y+\mu)^3 + (Z+\nu)^3 - 3(X+\lambda)(Y+\mu)(Z+\nu)].$$

Si nous exprimons que lorsque X, Y, Z sont trois intégrales du système (II), il en est de même de la fonction Φ quelles que soient les constantes λ, μ, ν, on trouve que X, Y, Z vérifient le système (I) (ou l'un des cinq autres systèmes trouvés dans notre Note déjà citée).

Au contraire, si nous exprimons que lorsque X, Y, Z sont trois intégrales de l'équation de M. P. Humbert, il en est de même de la fonction Φ quelles que soient les constantes λ, μ, ν, on est amené à remplacer le système (I) par le système

$$\begin{aligned} D_x X &= D_y Y = D_z Z,\\ D_y X &= D_z Y = D_x Z,\\ D_z X &= D_x Y = D_y Z, \end{aligned}$$

où l'opérateur D_x est substitué à l'opérateur $\partial/\partial x$.

La même transformation appliquée à l'équation de M. P. Humbert fournit

$$D_{x^3}^3 U + D_{y^3}^3 U + D_{z^3}^3 U - 3 D_{xyz}^3 U = \Delta_3(\Delta_3 U) = \Delta_3^2 U.$$

On pourra aussi généraliser ces idées à nos équations $\Delta_{3,n} U = 0$ (³) en prenant

$$\Phi = \left[\sum_{j=1}^{n} (X_j + \lambda_j)\right]\left[\sum_{i,k} (X_i + \lambda_i - X_k - \lambda_k)\right].$$

3. Plus généralement on peut appeler *système conjugué* un système de fonctions telles que

$$\begin{aligned} X &= A(x, y, z) + j\,B(x, y, z) + j^2 C(x, y, z),\\ Y &= A(x, y, z) + j^2 B(x, y, z) + j\,C(x, y, z),\\ Z &= A(x, y, z) + B(x, y, z) + C(x, y, z), \end{aligned}$$

(¹) Bien remarquer les permutations circulaires.

(²) N. Cioranesco, *Sur les fonctions harmoniques conjuguées* (*Bulletin des Sciences mathématiques*, 56, 1932, p. 55).

(³) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 517.

où A, B, C sont trois fonctions réelles de x, y, z; il est alors facile de généraliser une suite de théorèmes de Ch. Riquier ([1]).

4. Considérons l'équation aux dérivées partielles $\partial^r U/\partial u_1 \ldots \partial u_r = 0$ et effectuons le changement de variables défini par

$$u_i = \sum_j a_i^j x_j, \qquad \frac{\partial U}{\partial u_i} = \sum_j b_j^i \frac{\partial U}{\partial x_j}.$$

Pour que le polynome associé à l'équation aux dérivées partielles transformée soit justement à un facteur numérique près l'expression en $x_1, \ldots, x_r$ du produit $u_1 \ldots u_r$, il faut et il suffit que les coefficients a_i^j de la $i^{\text{ième}}$ ligne de la première transformation soient numériquement proportionnels aux éléments b_j^i ou b_j^k de la $i^{\text{ième}}$ ligne ou de la $k^{\text{ième}}$ ligne de la seconde transformation, c'est-à-dire qu'il y a correspondance ou échange entre les lignes des deux substitutions.

Pour le cas de M. P. Humbert, il y avait échange; au contraire, dans celui étudié par M. M. Ghermanesco ([2]), les lignes de même rang se correspondent. Ce qui fait que, si la plupart des résultats donnés par M. P. Humbert dans ses diverses Notes se généralisent, les démonstrations sont légèrement modifiées; par exemple les fonctions analogues à celles d'Appell que l'on serait amené à introduire ne rentrent pas dans le cadre de la définition générale donnée par ce dernier.

Nous reviendrons sur ce dernier paragraphe dans un prochain Mémoire.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les directions de Borel de certaines fonctions entières d'ordre infini.* Note de M. G. **Valiron**, présentée par M. Hadamard.

1. Comme dans une Note précédente ([3]), je considère une fonction entière

$$(1) \qquad f(z) = \sum_0^\infty b_n z^n$$

([1]) Ch. Riquier, *Sur quelques problèmes relatifs à l'équation aux dérivées partielles* $(\partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2)^{(n)} U = 0$ (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 5, 1926, p. 327).

([2]) M. Ghermanesco, *Sur une équation aux dérivées partielles du quatrième ordre* (*Communication du* 25 novembre 1931, *Société mathématique de France*, 59, 1931; *Comptes rendus*, p. 40).

([3]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1305-1308.

et une série de Taylor associée

(2) $$F(z)=\sum_{0}^{\infty} a_n z^n, \qquad a_n=b_n\theta(n),$$

es $\theta(n)$ étant des nombres positifs tels que la fonction sommatrice

$$\Phi(z)=\sum\frac{z^n}{\theta(n)}$$

soit une fonction entière et que le rayon de convergence de (2) soit égal à 1. Supposons que l'on ait

(3) $$\theta(n)=\int_0^{\infty} e^{-V(t)}t^n\,dt,$$

la fonction $V(t)$ étant croissante et $V(t):(\log t)^3$ restant supérieur à 1 à partir d'une valeur de t. Le rapport de $\theta(n)$ au maximum $\theta_1(n)$ de la quantité à intégrer dans (3) est de la forme $[1+o(1)]^n$. En effet, t_n étant le t pour lequel ce maximum est atteint, $\theta(n)$ est supérieur à $\theta_1(n)(1-1/t_n)^n$, et, d'autre part, l'intégrale prise de $e^{\varepsilon n}$ à l'infini tend vers zéro avec $1/n$. Si petit que soit le nombre positif ε,

$$\overset{+}{\log}|f(z)|:V[r(1+\varepsilon)]$$

reste borné lorsque r croît indéfiniment. Pour $|z|\leqq r<1$, on a

$$F(z)=\int_0^{\infty} e^{-V(t)}f(tz)\,dt,$$

$F(z)$ est donc holomorphe sur un rayon $\arg z=$ const. pourvu que, dans un angle l'admettant pour bissectrice,

$$\varlimsup_{|z|=\infty}\frac{\overset{+}{\log}|f(z)|}{V(\eta|z|)}<1,$$

si petit que soit le nombre positif η. On obtient ainsi cette proposition, où $M(r,f)$ désigne le maximum de $|f(z)|$ pour $|z|=r$:

I. $\theta(n)$ *jouissant des propriétés indiquées et étant à croissance suffisamment régulière*, $|f(z)|$ *est de l'ordre de* $M(r,f)$ *dans tout angle admettant pour bissectrice la direction d'un point singulier de* $F(z)$.

Pour l'ordre infini, on a ce corollaire :

II. *Si, en outre* $\Phi(z)$ *est d'ordre infini, toute direction joignant l'origine à une singularité de* $F(z)$ *est une direction de Borel d'espèce maximum pour* $f(z)$.

Il s'agit des singularités fournissant l'étoile d'holomorphie.

2. Si les $\theta(n)$ sont donnés positifs, même très réguliers, la détermination d'une fonction $V(t)$ vérifiant (3), qui revient à la résolution de l'équation

$$\int_0^\infty e^{-V(t)}e^{tx}\,dt = \sum_0 \frac{\theta(n)}{n!}x^n,$$

ne semble pas fournir de résultats dans le cas général.

Mais si $f(z)$ est donnée, d'ordre positif, on peut déterminer des $\theta(n)$ vérifiant les conditions du n° 1. Désignons par $m(r)$ le terme maximum de $f(z)$. Prenons pour $V(t)$ le plus grand des deux nombres $\log m(t)$ et $U(t)$, $U(t)$ étant une fonction vérifiant les conditions

$$(4) \qquad \overline{\lim_{t=\infty}} \frac{U(t)}{\log m(t)} \leqq 1, \qquad \underline{\lim_{t=\infty}} \frac{U(t)}{(\log t)^2} > 1,$$

et considérons la fonction $\theta_1(n)$ correspondante, on aura $\theta_1(n)|b_n| \leqq 1$, l'égalité ayant lieu pour une infinité de valeurs de n. $\theta(n)$ étant définie par (3), la fonction $F(z)$ admettra bien le cercle $|z| < 1$ pour cercle de convergence. Par suite :

III. *Si une fonction entière $f(z)$ d'ordre positif, on associe la fonction* $F(z)$ *définie par* (2), (3), (4), *toute direction sur laquelle se trouve un point frontière de l'étoile d'holomorphie de $f(z)$ est une direction dans laquelle $f(z)$ est au moins de l'ordre $e^{U(r)}$.*

Cette proposition permet de retrouver et de compléter en ce qui concerne l'ordre et les directions de Borel les théorèmes découverts par M. Pólya en partant d'une suggestion de M. A. Bloch [1]. Les lacunes de $F(z)$ étant celles de $f(z)$, à tout théorème sur les singularités de $F(z)$ déduit de la considération des lacunes correspond un théorème sur l'ordre de $f(z)$, donc sur l'existence de directions de Borel d'espèce maximum. En particulier.

IV. *Si $f(z)$ est d'ordre infini et si la densité des indices n pour lesquels $b_n \neq 0$ est nulle, toute direction est direction de Borel d'espèce maximum de $f(z)$.*

---

[1] *Math. Zeits.*, 29, 1929, p. 549-640. Au sujet du théorème II_b de ce Mémoire, je signalerai que j'avais indiqué (*Bull. Sc. math.*, 44, 1920, p. 98) qu'une fonction entière d'ordre infini à coefficients positifs admet l'axe réel pour direction de Julia. J'avais indiqué à M. Pólya en 1929, à la suite de la lecture de ses résultats, que les directions de Julia qu'il obtient dans divers cas sont en réalité des directions de Borel.

De même, en partant du théorème de Fatou d'après lequel on peut toujours faire en sorte que la fonction obtenue en multipliant par -1 une infinité de coefficients convenablement choisis de $F(z)$ admette comme coupure la circonférence $|z|=1$, on complète d'une façon analogue le théorème III_b de M. Pólya.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur le roulement sans glissement d'un corps solide sur une surface déformable.* Note de M. **Constantin Woronetz**, présentée par M. Henri Villat.

On sait que le problème du roulement sans glissement d'un corps solide sur une surface rigide peut être réduit à l'intégration de cinq équations différentielles obtenues des propriétés cinématiques du mouvement [1] et de trois équations-conséquences du théorème du moment des quantités de mouvement. Ces huit équations étant de premier ordre déterminent les cinq coordonnées indépendantes du corps, par exemple les coordonnées bien connues u, v, u_1, v_1, δ de Neumann, et les trois projections s, τ et n de la vitesse angulaire sur les axes du trièdre de Darboux lié au corps au point du contact.

En généralisant ce problème classique, j'étudie ici le cas où la base, cessant d'être parfaitement rigide, possède des propriétés élastiques et se déforme sous la pression du corps. Je suppose qu'une partie de cette surface déformée, se trouvant derrière le corps, ne se rétablit que très lentement et ne donne pas de réaction. Le roulement d'un corps sur du sable mouillé peut servir d'exemple à un tel mouvement. En complétant les équations du mouvement par des termes dus aux forces élastiques j'applique la méthode classique de M. Émile Picard pour obtenir les approximations successives des solutions du problème considéré.

Supposons que la réaction de chaque élément de base est proportionnelle à la surface de cet élément et à son déplacement; admettons que la déformation est proportionnelle à la réaction normale avec un coefficient de proportionnalité k très petit. En se contentant d'une approximation du deuxième ordre par rapport au nombre k, nous obtenons pour la résultante Φ des forces élastiques et pour son moment autour du point de contact les

[1] P. Woronetz, *Ueber die Bewegung eines starren Körpers, der ohne Gleitung auf einer beliebigen Fläche rollt* (*Math. An.*, 70, 1911, p. 447).

projections suivantes :

$$(1)\quad \Phi_u = \Phi_v = 0,\quad \Phi_n = \frac{\sigma\pi k^2\lambda^2}{\sqrt{\Delta\Delta'' - \Delta'^2}},\quad L_u = (s\Delta + \tau\Delta')\,R,\quad L_v = (s\Delta' + \tau\Delta'')\,R,$$

$$R = -\frac{16\sqrt{2k}}{15\pi}(s^2\Delta + 2s\tau\Delta' + \tau^2\Delta'')^{-\frac{1}{2}}\Phi_n\lambda^{\frac{1}{2}},$$

$$\Delta = \frac{D}{E} + \frac{D_1}{E_1}\sin^2\delta + \frac{D''_1}{G_1}\cos^2\delta,\qquad \Delta' = \left(\frac{D''_1}{G_1} - \frac{D_1}{E_1}\right)\sin\delta\cos\delta,$$

$$\Delta'' = \frac{D''}{G} + \frac{D''_1}{G_1}\sin^2\delta + \frac{D_1}{E_1}\cos^2\delta,$$

σ étant un coefficient constant ne dépendant que des propriétés élastiques de la base, λ le multiplicateur des liaisons et E, ..., D''_1 les coefficients des formes fondamentales de deux surfaces.

L'analyse des équations du mouvement, complétées par des termes (1) dépendant de la réaction, présente en général beaucoup de difficultés. On obtient des intégrales exactes de ces équations, par exemple, dans le problème de roulement d'une balle pesante sur une surface plane, ou d'une balle sur une autre; dans ce dernier cas les solutions s'expriment en fonctions elliptiques si les balles sont soumises à la force attractive de Newton.

Il est facile de voir que la méthode d'approximations successives de M. Émile Picard est applicable dans le cas général. En effet, les équations du problème peuvent être mises sous la forme

$$\frac{ds}{dt} = \varphi_1 + k^{\frac{5}{2}}(P_1 s + Q_1\tau)(s^2\Delta + 2s\tau\Delta' + \tau^2\Delta'')^{-\frac{1}{2}}\lambda^{\frac{5}{2}},$$

$$\frac{d\tau}{dt} = \varphi_2 + k^{\frac{5}{2}}(P_2 s + Q_2\tau)(s^2\Delta + 2s\tau\Delta' + \tau^2\Delta'')^{-\frac{1}{2}}\lambda^{\frac{5}{2}},$$

$$\frac{dn}{dt} = \varphi_3 + k^{\frac{5}{2}}(P_3 s + Q_3\tau)(s^2\Delta + 2s\tau\Delta' + \tau^2\Delta'')^{-\frac{1}{2}}\lambda^{\frac{5}{2}},$$

où φ_1, φ_2, φ_3 désignent des fonctions de deuxième ordre par rapport à s, τ et n dont les coefficients, ainsi que les fonctions P_i et Q_i ($i = 1, 2, 3$), ne dépendent que des coordonnées du corps. Nous démontrons que la valeur approximative de λ, obtenue à l'aide du théorème de la quantité de mouvement, est égale à celle trouvée pour la surface rigide. Remarquons encore que les cinq équations exprimant des propriétés cinématiques sont aussi résolues par rapport aux dérivées du/dt, dv/dt, du_1/dt, dv_1/dt, $d\delta/dt$ et ne changent pas dans le cas d'une surface élastique. En excluant le cas où le point de contact de deux surfaces est un point singulier, on voit que pour un intervalle de temps assez petit les conditions de Cauchy et de Lipchitz sont satisfaites.

Suivant la méthode classique de Henri Poincaré, appliquée dans le cas de l'influence d'une force perturbatrice sur un système holonome ([1]), nous posons comme première approximation $k=0$ et obtenons ainsi les solutions qui correspondent au cas de la surface rigide. En substituant ces solutions dans les seconds membres des équations considérées, nous obtenons par simples quadratures des approximations du deuxième ordre. En continuant le calcul de la même manière, on obtient des solutions exactes du problème quand l'ordre d'approximation tend vers l'infini.

Nous avons essayé d'appliquer cette méthode dans quelques cas où l'intégration directe des équations ne peut être effectuée. Par exemple nous avons trouvé que, dans le cas de roulement d'un ellipsoïde de révolution pesant sur une surface plane élastique, le point de contact peut rester sur l'équateur ou sur un méridien, mais ne reste pas sur un parallèle. Sur le plan de roulement ce point décrit dans ce cas une développante de cercle. Certaines conditions relatives à la vitesse angulaire étant satisfaites, l'ellipsoïde aplati tend à se mettre sur son pôle; au contraire l'ellipsoïde allongé a tendance de rouler sur l'équateur.

ÉLASTICITÉ. — *Sur l'état élastique et plastique d'un corps indéfini à deux dimensions percé d'un trou circulaire.* Note de M. **Davin**, présentée par M. Jouguet.

Nous avons dans une précédente Note ([2]), dont nous reprenons les notations, donné une première approximation de la solution élastique et plastique du problème d'Alfons Léon. Nous en donnons ici une seconde : soit α la moitié de la mesure de chaque arc plastique. α est l'infiniment petit principal.

Nous avons vu que l'état du domaine plastique « restreint » est bien connu. L'état du domaine élastique se compose : 1° d'un état de tensions proportionnelles à celles relatives au problème élastique pur (d'Alfons Léon);

2° d'états de tensions dus à des tensions fictives normales et tangentielles $f(\varphi)$ et $g(\varphi)$ sur les arcs plastiques, tant que le dépassement est assez faible pour que le prolongement analytique de l'état élastique n'ait pas de singularités à l'intérieur du domaine plastique.

([1]) H. Poincaré, *Leçons de Mécanique céleste*, I, p. 111.
([2]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 522.

Soit $\rho = \rho(\theta)$ l'équation polaire de la courbe limite C_1. Les trois fonctions inconnues sont $f(\varphi)$, $g(\varphi)$, $\rho(\theta)$.

Les conditions qui les déterminent s'obtiennent en écrivant que N_ρ, N_T, T se raccordent dans les deux domaines sur la courbe limite C_1. On obtient trois équations fonctionnelles de la forme :

$$(1) \qquad \underset{\text{plastique}}{N_\rho[\rho(\theta)]} = \underset{\text{élastique}}{N_\rho[f(\varphi), g(\varphi), \rho(\theta)]}.$$

La méthode n'est applicable qu'à condition que le domaine plastique restreint constitue tout le domaine plastique, ce qu'on vérifie après coup.

La résolution du système fonctionnel [1] se simplifie quand le dépassement de la limite d'élasticité est infiniment petit. Nous avons vu dans la Note précitée qu'en admettant $f(\varphi) = g(\varphi) = 0$, $\rho(\theta) = r[1 + 0,1\varepsilon - 0,4 \sin 2\theta]$ le raccordement des tensions élastiques et plastiques avait lieu avec une erreur du quatrième ordre sur N_ρ et N_T, du troisième ordre sur T. Si nous admettons

$$g(\varphi) = \begin{cases} -\frac{2}{\pi} T(\varphi) = \frac{8}{5} \sin 2\varphi [\sin^2\alpha - \sin^2\varphi] \text{ sur les arcs plastiques } (^2), \\ 0 \text{ extérieurement à ces arcs,} \end{cases}$$

l'erreur sur T extérieurement aux arcs plastiques tombe au quatrième ordre. Mais, par contre, des erreurs du troisième ordre s'introduisent entre N_T élastique et plastique mesurés sur la courbe limite trouvée en première approximation.

Nous allons supprimer ces erreurs en modifiant $f(\varphi)$ et $\rho(\theta)$ sans en introduire de nouvelles sur T ni N_ρ.

Sur le cercle $\rho = r$, tout état de tensions dû à des tensions données $g(\varphi)$ se décompose [3] en éléments de la forme

$$N_\rho = 0, \qquad N_T = -\pi \cos 2n\theta, \qquad T = \frac{\pi}{2} \sin 2n\theta.$$

N_T se déduit donc de $-2T$ dans un tel état de tensions par l'opération suivante : développer $-2T$ en série de Fourier, qui sera nécessairement une série de sinus pairs, changer les sinus en cosinus et sommer. En utili-

---

(1) *Loc. cit.*

(2) L'expression de $T(\varphi)$ est déduite de la solution d'Alfons Léon et de la connaissance de la courbe limite en première approximation, en négligeant les infiniment petits du quatrième ordre.

(3) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1318.

sant les formules ci-dessous, conséquences immédiates de la notion de série divergente sommable,

$$\sum_{K=1}^{K=\infty} \frac{\sin K u}{K} = \frac{\pi}{2} - \frac{\overline{u}}{2} \qquad \text{avec } \overline{u} = u \mp 2p\pi,$$

$$\sum_{K=1}^{K=\infty} \frac{\cos K u}{K} = L \sin\left|\frac{u}{2}\right|.$$

on trouve, en négligeant les infiniment petits du quatrième ordre

$$N_T = -\frac{8}{5}\left\{\frac{8\alpha^3}{3} - 2\theta\left[(\alpha^2 - \theta^2) L\left|\frac{\theta+\alpha}{\theta-\alpha}\right| + 2\alpha\theta\right]\right\},$$

nous poserons le deuxième membre égal à $\Phi(\theta)$.

Au quatrième ordre près, les tensions sur la courbe limite sont, en affectant de l'indice 1 les valeurs des mêmes tensions telles qu'elles résultent de la première approximation étudiée dans notre précédente Note et en désignant par $\Delta\rho(\theta)$, $\Delta f(\varphi)$ les modifications apportées à $\rho(\theta)$, $f(\varphi)$ pour passer de la première approximation à la seconde et par $\Delta f(\theta)$ la valeur de $\Delta f(\varphi)$ lorsqu'on fait $\varphi = \theta$,

$$N_\rho = N_{\rho_1} \qquad + \Delta\rho(\theta)\frac{\partial N_\rho}{\partial\rho} \text{ (plastique)},$$

$$N_\rho = N_{\rho_1} \qquad + \Delta\rho(\theta)\frac{\partial N_\rho}{\partial\rho} + \frac{\pi}{2}\Delta f(\theta) \text{ (élastique)},$$

$$N_T = N_{T_1} \qquad + \Delta\rho(\theta)\frac{\partial N_T}{\partial\rho} \text{ (plastique)},$$

$$N_T = N_{T_1} + \Phi(\theta) + \Delta\rho(\theta)\frac{\partial N_T}{\partial\rho} + \frac{\pi}{2}\Delta f(\theta) \text{ (élastique)},$$

les équations fonctionnelles relatives à N_ρ, N_T se réduisent à

$$\Delta\rho(\theta)\left[\frac{\partial N_\rho}{\partial\rho}\text{ plastique} - \frac{\partial N_\rho}{\partial\rho}\text{ élastique}\right] = \frac{\pi}{2}\Delta f(\theta),$$

$$\Delta\rho(\theta)\left[\frac{\partial N_T}{\partial\rho}\text{ plastique} - \frac{\partial N_T}{\partial\rho}\text{ élastique}\right] = \frac{\pi}{2}\Delta f(\theta) + \Phi(\theta),$$

ce qui, en négligeant toutes les quantités du quatrième ordre au moins, conduit finalement au résultat

$$\Delta\rho(\theta) = -\frac{1}{5\pi}\Phi(\theta), \qquad \Delta f(\theta) = 0,$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Tracé des lignes de courant dans l'écoulement d'Oseen autour d'un cercle.* Note ([1]) de MM. **J. Pérès** et **L. Malavard**, présentée par M. Henri Villat.

1. Comme suite à notre Note précédente ([2]), nous indiquons ici la réalisation, au bassin électrique, du potentiel d'Oseen autour d'un cercle.

La difficulté est de remplir, au bord arrière, la condition $\partial\psi/\partial x = 0$. Après plusieurs essais, nous avons obtenu des résultats satisfaisants en remplaçant le bord arrière du cercle par une ligne c' normale aux lignes ψ à construire. Avant d'expliquer comment a été obtenue cette c', nous indiquerons comment on peut arriver rapidement, et sous une forme nouvelle, aux formules théoriques du cas en question.

2. Posant $f = \varphi + i\psi$, la vitesse complexe $\Omega = df/dz$ est fonction de z régulière à l'extérieur du cercle et doit avoir le seul zéro $z = 1$. Elle sera donc de forme

$$\Omega = -U\left(1 - \frac{1}{z}\right)e^{s(z)} = -U\left(1 - \frac{1}{z}\right)e^{A_1\frac{1}{z} + A_2\frac{1}{z^2} + \dots},$$

la série $s(z)$ étant convergente pour $|z| > 1$. On en déduit l'angle de la tangente à une ligne ψ avec Ox, soit

$$\alpha = -\arg\Omega = -\operatorname{arc\,tang}\frac{\sin\theta}{r - \cos\theta} + A_1\frac{\sin\theta}{r} + A_2\frac{\sin 2\theta}{r^2} + \dots$$

et, sur le cercle, il reste ($r = 1$),

$$\frac{\pi}{2} + \frac{\theta}{2} + A_1\sin\theta + A_2\sin 2\theta + \dots,$$

qui doit être égal à $\pi/2 + \theta$ au bord avant ($-\pi/2 < \theta < \pi/2$) et à π au bord arrière ($\pi/2 < \theta < 3\pi/2$). Les coefficients A_i sont donc ceux de la série bien connue

$$\frac{2}{\pi}\left(\sin\theta - \frac{1}{3^2}\sin 3\theta + \frac{1}{5^2}\sin 5\theta - \dots\right),$$

de sorte que s est la transcendante

$$\frac{2}{\pi}\int_0^{\frac{1}{z}} \operatorname{arc\,tang} u\,\frac{du}{u},$$

([1]) Séance du 25 avril 1932.

([2]) *Comptes rendus*, 194, 1936, p. 1314-1316.

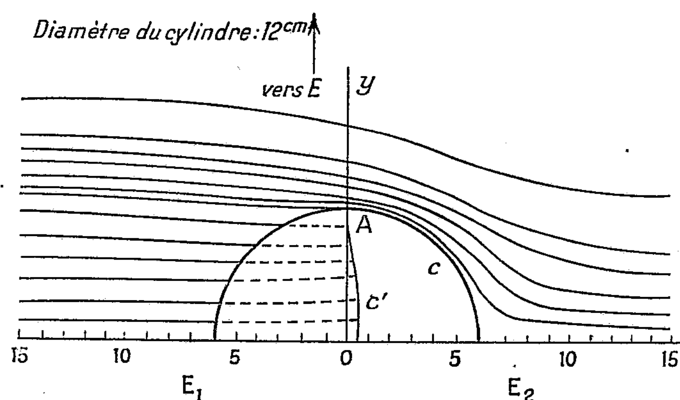
et que l'angle α est

$$\alpha = -\operatorname{arc\,tang}\frac{\sin\theta}{r-\cos\theta} + \frac{2}{\pi}\left(\frac{\sin\theta}{r} - \frac{\sin 3\theta}{3^2 r^3} - \frac{\sin 5\theta}{5^2 r^5} - \ldots\right). \quad (1)$$

D'autre part $\Omega_1 = \Omega(1/z)$ est définie à l'intérieur du cercle et prend évidemment sur celui-ci des valeurs imaginaires conjuguées de Ω. En particulier sur l'arc arrière $(\pi/2 < \theta < 3\pi/2)$ Ω étant réel, Ω et Ω_1 sont égales de sorte que Ω_1 donne le prolongement analytique de Ω à l'intérieur du cercle à travers l'arc arrière; l'angle α correspondant valant évidemment

$$\alpha = \operatorname{arc\,tang}\frac{r\sin\theta}{1-r\cos\theta} - \frac{2}{\pi}\left(r\sin\theta - \frac{r^3}{3^2}\sin 3\theta + \frac{r^5}{5^2}\sin 5\theta - \ldots\right). \quad (2)$$

3. Or on se rend compte aisément qu'une ligne $c'(\varphi = \text{const.})$ passant par le point A $(z = i)$ du cercle s'écarte peu du rayon OA. Pour construire cette ligne on prendra [formule (2)] les tangentes en quelques points du rayon OA. Ces droites sont sensiblement normales à c' qui peut alors être définie approximativement par des arcs de cercle coupant les droites précédentes à angle droit. L'obstacle limité à c (bord avant) et à c' a été



moulé en paraffine et disposé comme le montre la figure, l'électrode E_2 se prolongeant par une lame conductrice qui recouvre c. Dans ces conditions et pour une chute de potentiel (dont le réglage se trouve être plus aisé que pour la plaque) convenable entre E_1 et E_2, on doit avoir au bassin électrique les lignes de courant d'Oseen. C'est ce que l'expérience vérifie. La figure montre les lignes ψ obtenues au bassin et qui ont été vérifiées par le calcul de tangentes.

4. L'exemple précédent montre assez le caractère de la méthode d'analogies électriques : elle ne dispense point de l'étude mathématique de la

solution théorique, étude qui parait nécessaire dès qu'il s'agit d'un cas dont la réalisation électrique n'est pas immédiate; mais elle intervient pour suppléer avec avantage au calcul numérique d'ensemble.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Mouvements multiponctuels correspondant à l'équation de Jacobi écrite pour le cas d'un seul point.* Note [1] de M. **A. Buhl.**

L'équation de Jacobi, à fonction inconnue V, écrite pour le mouvement d'un point, lorsqu'on y fait, avec E énergie totale constante,

$$V = S - Et,$$

prend la forme indépendante du temps

$$\left(\frac{\partial S}{\partial X}\right)^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial Y}\right)^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial Z}\right)^2 = \Omega(X, Y, Z). \tag{1}$$

On sait aussi que l'équation (1) peut correspondre à une propagation de front d'onde [2]. Soit l'équation *homogénéisée*

$$\left(\frac{\partial f}{\partial X}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial Y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial Z}\right)^2 = \Omega\left(\frac{X}{f}, \frac{Y}{f}, \frac{Z}{f}\right) \tag{2}$$

qui coïncide avec (1) sur des surfaces S, d'équation $f = 1$, quand f est homogène d'ordre 1. L'équation (2) donne beaucoup plus de précision à la propagation du front d'onde; elle permet de le diviser en fragments parcourant chacun un canal adéquat, transportant chacun une intégrale invariante, ces fragments pouvant ne pas conserver la continuité avec les fragments voisins d'où, tout aussi bien, propagation corpusculaire. De telles considérations ont déjà été signalées [3] mais, ici, elles sont reprises en partant du point de vue dynamique classique et en montrant que ce sont essentiellement des considérations d'homogénéité qui permettent les résultats venant d'être indiqués.

---

(1) Séance du 25 avril 1932.

(2) George Birtwistle, *La nouvelle mécanique des quanta* (trad. Ponte et Rocard), 1929, Chap. XVIII; Eugène Bloch, *L'ancienne et la nouvelle théorie des quanta*, 1930, Chap. XIV.

(3) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1006.

L'équation (2) peut se mettre sous la forme

$$(3)\qquad \frac{X f_X + Y f_Y + Z f_Z}{\sqrt{f_X^2 + f_Y^2 + f_Z^2}} = \frac{f}{\sqrt{\Omega}}.$$

Si $A(X, Y, Z)$, $B(X, Y, Z)$ sont fonctions homogènes d'ordre zéro, (3) peut s'écrire, avec Ψ homogène d'ordre -3,

$$\frac{1}{\Theta\left(\frac{X}{f}, \frac{Y}{f}, \frac{Z}{f}\right)} \frac{1}{\sqrt{f_X^2 + f_Y^2 + f_Z^2}} \begin{vmatrix} f_X & f_Y & f_Z \\ A_X & A_Y & A_Z \\ B_X & B_Y & B^Z \end{vmatrix} = \frac{f\Psi}{\Theta\sqrt{\Omega}} = f^{-2}\Delta(A, B).$$

Multipliant par $\Lambda(A, B)\,\Theta\, dS$ et posant

$$(4)\qquad \Lambda(A, B) = \frac{\partial V}{\partial A} - \frac{\partial U}{\partial B} = \frac{1}{\Delta(A, B)},$$

on obtient, sur une cloison ou portion finie de surface S,

$$\iint_S \Theta\, dS = \iint_S \left(\frac{\partial V}{\partial A} - \frac{\partial U}{\partial B}\right) \begin{vmatrix} \alpha & \beta & \gamma \\ A_X & A_Y & A_Z \\ B_X & B_Y & B_Z \end{vmatrix} dS = \int_\Sigma U\, dA + V\, dB.$$

C'est la formule de Stokes pour espaces à canaux. Les canaux ont une section quadrilatérale; sur leurs faces A, B, $A + dA$, $B + dB$ sont constants. L'intégrale double en $\Theta\, dS$ se propage d'une cloison S à toute autre qui est projection canale de S. Mais la formule ainsi reconstruite est indépendante, en elle-même, de considérations d'homogénéité; le point de vue dynamique apparaît, une fois de plus, comme moins général que le point de vue stokien ou électromagnétique.

Si l'on effectue la réduction pfaffienne

$$(5)\qquad U\, dA + V\, dB = M\, dN,$$

les trois membres de (4) peuvent être pris égaux à 1 et l'équation précédente, aux dérivées partielles de f, peut être réduite à

$$(6)\qquad \frac{1}{\Theta\sqrt{f_X^2 + f_Y^2 + f_Z^2}} \begin{vmatrix} f_X & f_Y & f_Z \\ M_X & M_Y & M_Z \\ N_X & N_Y & N_Z \end{vmatrix} = 1.$$

Jusqu'ici les canaux étaient coniques, c'est-à-dire rectilignes. Il en est bien de même en (6) puisque M et N sont fonctions de A et B, c'est-à-dire aussi homogènes d'ordre zéro.

Mais l'équation (6) ne change pas si, par exemple, on y remplace M et N par

$$M^* = M + \rho(f), \qquad N^* = N + \sigma(f).$$

Ainsi apparaissent de nouveaux canaux *non rectilignes* et même assez profondément indéterminés. Il y a *variation des canaux*. Il est établi qu'à l'équation de Jacobi (1), on peut associer des mouvements multiponctuels à trajectoires quelconques.

On observera aussi que la réduction (5) est identique à l'intégration de

$$U\,dA + V\,dB = 0.$$

Ainsi la Physique théorique, après avoir englobé l'équation de Jacobi, englobe l'ensemble des équations différentielles du premier ordre.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'entretien en oscillations du réseau passif le plus général.* Note [1] de M. **Ph. Le Corbeiller**, présentée par M. Ch. Fabry.

1. Considérons un réseau électrique à n mailles ne contenant aucune source d'énergie, les constantes satisfaisant par suite aux conditions suivantes :

$$(1)\qquad \begin{cases} a. & \text{les } R,\ L_{kk},\ C_{kk}, \text{ sont positifs ou nuls;} \\ b. & L_{kl} = L_{lk}, \quad R_{kl} = R_{lk}, \quad C_{kl} = C_{lk}. \end{cases}$$

Désignons par le symbole D la dérivée d/dt, et posons

$$Z_{kl} = L_{kl}D + R_{kl} + \frac{1}{C_{kl}D}.$$

Les équations de Kirchhoff généralisées (équations de Lagrange) sont

$$(2)\qquad \begin{cases} Z_{11}i_1 + Z_{12}i_2 + \ldots + Z_{1n}i_n = e_1, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ Z_{n1}i_1 + Z_{n2}i_2 + \ldots + Z_{nn}i_n = e_n. \end{cases}$$

Supposons $e_2 = e_3 = \ldots = e_n = 0$; le système (2) fournit la relation

$$(3)\qquad i_1 = \frac{|Z_{22}\ldots Z_{nn}|}{|Z_{11}\ldots\ldots Z_{nn}|}e_1 = \mathcal{Y}_{11}(D)e_1 \quad \text{ou} \quad e_1 = \mathcal{Z}_{11}(D)i_1.$$

Nous appellerons $\mathcal{Z}_{11}(D)$ une *impédance généralisée* et l'opérateur

[1] Séance du 25 avril 1932.

inverse $\mathcal{Y}_{11}(D)$ une *admittance généralisée*. Le fait que les conditions (1) sont satisfaites entraîne pour les fonctions $\mathcal{Y}$ et $\mathcal{Z}$ de D des restrictions connues et d'ailleurs identiques.

Supposons maintenant $e_3 = e_4 = \ldots = e_n = 0$, le système (2) fournit les relations

$$(4) \qquad \begin{cases} i_1 = \mathcal{Y}_{11} e_1 + \mathcal{Y}_{12} e_2, \\ i_2 = \mathcal{Y}_{21} e_1 + \mathcal{Y}_{22} e_2, \end{cases}$$

équations connues du réseau passif linéaire le plus général pourvu de deux bornes d'entrée et de deux bornes de sortie, ou *quadripôle*.

2. Proposons-nous de former l'équation à laquelle satisfait le réseau passif linéaire le plus général, envisagé comme quadripôle, et entretenu en oscillations au moyen de l'énergie empruntée à une source d'énergie continue unique. On sait qu'il est impossible de faire varier un de ces coefficients L ou C sans mise en jeu d'énergie mécanique; le système envisagé, étant par hypothèse exclusivement électrique, devra donc contenir au moins un coefficient R variable. Supposons par exemple que la partie variable de la résistance modulée dépende, d'une manière continue, d'une tension d'entrée u appliquée à une résistance infinie et que l'on recueille ainsi à deux bornes de sortie un courant j et une tension v; on aura entre les quantités j, u, v une relation finie $-j = F(u, v)$, caractéristique de ce *relais unilatéral*.

Nous prendrons d'abord pour relation $-j = F(u, v)$ la suivante :

$$(5) \qquad -j = \frac{v + ku}{\rho} - \delta \frac{(v + ku)^3}{3},$$

où k, ρ, δ sont des constantes. C'est celle qui est vérifiée, à un degré assez élevé d'approximation, par les *lampes triodes* couramment employées par la technique.

3. Réunissons les bornes de sortie du relais aux bornes d'entrée d'un quadripôle passif; soient w la tension et zéro le courant aux bornes de sortie du quadripôle; nous aurons entre j, v et w les deux relations

$$(6) \qquad j = \mathcal{Y}_1 v,$$

$$(7) \qquad \mathcal{Y}_2 v = \mathcal{Y}_3 w,$$

où les $\mathcal{Y}$ sont des opérateurs du type *admittance généralisée*.

Enfin réunissons les bornes de sortie du quadripôle aux bornes d'entrée du relais (*réaction*). Nous aurons

$$(8) \qquad w = \pm u \quad \text{ou} \quad \varepsilon u.$$

Il résulte des relations (5), (6), (7), (8) que la quantité $e = v + ku$ (*tension composée* du relais) satisfait à l'équation

$$(9) \qquad \frac{-\mathcal{Y}_3}{\varepsilon k \mathcal{Y}_2 + \mathcal{Y}_3} \mathcal{Y}_1 e - \frac{e}{\rho} + \delta \frac{e^3}{3} = 0.$$

4. Dans le cas le plus simple, le quadripôle se compose d'un circuit oscillant unique et l'équation (9) se ramène au type

$$(10) \qquad y'' - \varepsilon(1 - y^2) y' + y = 0,$$

étudié par M. van der Pol et depuis par d'autres auteurs.

Dans le cas général, l'équation (9) ou plus généralement l'équation

$$(11) \qquad \frac{-\mathcal{Y}_3}{\varepsilon k \mathcal{Y}_2 + \mathcal{Y}_3} \mathcal{Y}_1 e + F(e) = 0$$

[que l'on obtiendrait en supposant que le relais a pour surface caractéristique statique un cylindre $-j = F(v + ku)$, de degré quelconque] correspond, les opérations représentées par les symboles $\mathcal{Y}_1$, $\mathcal{Y}_2$, $\mathcal{Y}_3$ (D) étant effectuées, à une *équation différentielle non-linéaire d'ordre* $2n$, si le quadripôle passif est à n mailles. Cette équation, d'ailleurs, ne contient pas explicitement la variable t, ce qui est caractéristique d'un système isolé.

Toutefois, en raison des restrictions (1), les opérateurs $\mathcal{Y}$ sont de nature particulière et par suite une équation du type (11) n'est qu'un cas extrêmement particulier de l'équation générale du même ordre. Or l'origine physique de cette équation donne à penser que ses solutions jouissent sans doute de propriétés asymptotiques relativement simples. La technique radioélectrique utilise couramment les oscillations stables, périodiques et quasi-périodiques, fournies par des systèmes du type que nous avons décrit (ou par les systèmes équivalents qui leur correspondent par dualité); aussi l'équation générale (11) qui les régit a-t-elle paru devoir être signalée.

ÉLECTRONIQUE. — *Sulfures phosphorescents : intervention des chocs de seconde espèce.* Note de M. **Maurice Curie**, présentée par M. Jean Perrin.

J. Perrin et F. Perrin ont montré l'importance des transferts d'énergie (de molécule à molécule ou de molécule à électron libre) dans la fluorescence des substances organiques en solution. La considération de

transferts d'énergie peut fournir une explication simple à certains phénomènes présentés par les sulfures phosphorescents.

1. *Phosphorescence de longue durée.* — Lenard (¹) a montré qu'il existe dans le spectre d'excitation violet et ultraviolet des sulfures phosphorescents des bandes correspondant à une phosphorescence de longue durée (bandes *d*, dauerproszess). Pour Lenard et ses collaborateurs, ces bandes d'absorption sont dues à des centres moléculaires complexes, renfermant un ou plusieurs atomes de l'impureté luminogène. Lenard envisage même une longueur d'onde absolue d'excitation qui serait caractéristique du centre luminogène. Cette manière de voir rencontre de graves objections (²).

Comme l'a montré Walter (³), la position des bandes *d* paraît surtout dépendre du milieu; ceci résulte aussi des travaux même de Lenard et de Schmidt.

Ces bandes *d* sont bien probablement dues à une absorption par les molécules du diluant proches d'un centre luminogène. Celui-ci pouvant égèrement influencer l'absorption des molécules du diluant voisines.

On peut rendre compte de l'établissement d'une phosphorescence de longue durée en envisageant un mécanisme par chocs de seconde espèce :

Lors de l'absorption *d*, les molécules du diluant sont amenées dans un état excité. Il y a alors choc de seconde espèce sur un électron antérieurement détaché d'un centre luminogène et plus ou moins libre. Ceci produit un accroissement de l'énergie cinétique de cet électron, accroissement qui lui permet de se soustraire au rappel du centre positif luminogène et de pénétrer dans des champs de force étrangers à ce centre. D'où une plus longue durée de phosphorescence.

2. *Effet photo-électrique.* — Lenard et son collaborateur Göggel attribuent l'effet photo-électrique des sulfures phosphorescents à une action directe sur les centres luminogènes.

A mon avis, cet effet direct se produit surtout dans l'ultraviolet assez

---

(¹) Se reporter à LÉNARD-SCHMIDT-TOMASCHEK, *Handbuch der Experimental Physik, Phosphorescenz und Fluorescenz*, 1.

(²) MAURICE CURIE, *Thèse, Paris*, 1923, p. 42-46 ; GUNTZ, *Thèse, Paris*, 1925, p. 60-63 ; PRINGSHEIM, *Fluorescenz und Phosphorescenz*, p. 282-289. Je signale à nouveau ici que cette notion de longueur d'onde absolue d'excitation, telle que l'établit Lénard, n'est pas normale. La longueur d'onde n'est pas à envisager, mais la fréquence.

(³) WALTER, *Physik. Zeitschrift*, 1912, p. 611.

lointain; je crois qu'il y a en plus un effet photo-électrique sur les électrons antérieurement détachés des centres luminogènes et fixés dans le proche diluant. Naturellement, cet effet photo-électrique pourra s'obtenir pour des quanta moins grands que l'effet direct.

Si l'on s'en tient aux faits principaux (1), cette hypothèse explique l'apparition d'un effet photo-électrique aux grandes longueurs d'onde (jusqu'à 700$^{\mu}$) sur un sulfure phosphorescent excité, et aussi le fait que l'effet photo-électrique global avec un arc au mercure est plus grand sur un sulfure phosphorescent excité que sur le même produit non excité (Göthel, *Annalen der Physik*, 1931, p. 865).

D'autre part, Göggel a montré que si l'on étudie la répartition de l'effet photo-électrique en fonction de la longueur d'onde, on trouve des maxima voisins des maxima *d* d'excitation de la phosphorescence de longue durée; Göggel interprète ceci comme une action directe sur les centres luminogènes *d*.

Pour moi, ces maxima d'effet photo-électrique sont dus au mécanisme de chocs de seconde espèce exposé ci-dessus. Le choc de seconde espèce favorise l'effet photo-électrique, comme il favorise l'établissement d'une phosphorescence de longue durée.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le degré d'homogénéité des rayons γ filtrés de* ThC″ *et la vérification de la formule de Klein-Nishina.* Note (2) de M. D. Skobelzyn.

En 1928, Klein et Nishina (3) ont trouvé la solution du problème de diffusion par effet Compton, pour les rayons γ de hautes fréquences, en se basant sur la dynamique relativiste de Dirac. La comparaison de eette théorie avec l'expérience est d'importance primordiale, mais elle est compliquée par le fait que les sources monochromatiques de rayons γ ne sont généralement pas disponibles. Pour vérifier la formule en question, les longueurs d'onde effectives des rayons plus ou moins complexes employés dans les mesures d'absorption doivent être connues. La méthode spectro-

(1) Je ne retiens pas ici au même titre le fait cité par Göggel qu'un CaSBiN/10, très persistant, a donné un effet photo-électrique très faible. Je compte d'ailleurs reprendre des expériences à ce sujet, mes premiers essais ne confirmant pas ce point.

(2) Séance du 25 avril 1932.

(3) O. Klein et Y. Nishina, *Z. f. Phys.*, 52, 1928, p. 853.

scopique élaborée par l'auteur présente actuellement la seule voie efficace pour obtenir les valeurs moyennes des longueurs d'onde en question.

L'utilisation des rayons γ de ThC″ présente des avantages essentiels à cause de la simplicité relative du spectre émis dans ce cas. Le problème a été attaqué récemment par plusieurs auteurs, cette série de travaux ayant révélé des faits noüveaux de grande importance (¹).

Or il existe un désaccord entre les suppositions admises par ces auteurs sur la composition spectrale des rayons utilisés et les résultats signalés dans ma Note précédente. D'après les données des articles cités (notamment de Meitner et Hupfeld), la radiation explorée est (après la filtration à travers 40^{mm} de plomb) parfaitement monochromatique, la raie intense de 2650 kilov. étant la seule présente dans le spectre. Les observatione directes réalisées dans des conditions presque identiques (²) en utilisant la méthode de la chambre Wilson ont révélé, par contre, (après filtration par 30^{mm} de plomb) une contribution de composantes plus molles de 37 pour 100 du nombre de quanta appartenant à la raie principale. Pour un filtre de 40^{mm} de plomb, on doit s'attendre, par conséquent, à la présence de 30 pour 100 de ces rayons plus mous.

Il est à remarquer que la méthode d'analyse des courbes d'absorption est certainement très peu sensible et peu efficace pour révéler l'existence des composantes signalées ci-dessus. Meitner et Hupfeld ont poursuivi l'absorption dans les divers absorbants atteignant de grandes épaisseurs (20^{cm} d'aluminium, par exemple). Les diagrammes logarithmiques obtenus par ces auteurs ne présentant aucune courbure, ils conclurent à l'homogénéité parfaite du rayonnement étudié. Or, en partant de la distribution présentée dans ma Note, la courbe d'absorption peut être trouvée par le calcul; on constate alors que la déviation de la loi exponentielle est trop insignifiante pour être révélée dans les conditions envisagées (³).

(¹) G. T. P. Tarrant, *Proc. Roy. Soc.*, 128, 1930, p. 345; C. Y. Chao, *Proc. Nat. Acad.*, 16, 1930, p. 431; *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 1519; L. Meitner et H. Hupfeld, *Z. f. Phys.*, 67, 1931, p. 147; J. C. Jacobsen, *Z. f. Phys.*, 70, 1931, p. 145.

(²) En ce qui concerne le système de canalisation. Relativement à la contamination éventuelle par $MsTh_2$, voir la Note précédente (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1486).

(³) L'étude de l'effet de filtration entre 1, $4\text{-}5^{cm}$ de plomb serait plus effective. Il y a, à cet égard, des divergences entre les différents auteurs, mes résultats s'accordant avec ceux de Chao (*loc. cit.*). Il est à remarquer que le coefficient d'absorption dans le plomb varie très lentement dans la région $h\nu$-1850-2700 kilowolts, la différence des valeurs relatives à ces limites étant de 13 pour 100 seulement, selon Meitner et Hupfeld.

En admettant l'homogénéité rigoureuse du faisceau étudié, on a conclu à la validité exacte de la formule de Klein-Nishina (la précision des mesures étant de 2 pour 100). La correction qui résulte des faits exposés ci-dessus n'est pas grande et n'affecte que le degré de précision de la constatation citée, ce qui peut avoir, pourtant, une certaine importance de principe.

Les données signalées dans ma Note suffisent pour établir la longueur d'onde effective, selon la formule

$$\bar{\sigma}_T = \frac{\Sigma N \lambda \nu \sigma_A \sigma_T}{\Sigma N \lambda \nu \sigma_A} \quad (^1).$$

En tant que le pouvoir ionisant est indépendant de la vitesse des particules β, il n'y a pas à distinguer entre la méthode de comptage et la méthode d'ionisation. Ce n'est plus rigoureusement le cas dans les conditions envisagées, à cause de l'intervention des électrons lents produits par effet Compton. La formule écrite semble pourtant également acceptable pour les mesures effectuées à l'aide d'un compteur, à condition qu'il s'agisse de rayons très durs (²).

On est conduit aux valeurs suivantes :

Épaisseur du filtre de plomb.	Coefficient de diffusion « totale » pour l'aluminium σ_T.	Longueur d'onde effective λ.
30mm	0,105	5,3 X. U.
40mm	0,103	5,1 »

tandis qu'à la raie principale correspondrait $\sigma_T = 0,098$; $\lambda = 4,7$ X. U.

Il est peu probable que l'erreur sur la valeur de σ (dans le cas de 30mm de plomb, surtout) dépasse l'unité dans la troisième décimale (³), les résultats signalés étant indépendants du pouvoir séparateur et relativement peu sensibles à l'influence des erreurs statistiques.

La valeur obtenue pour l'aluminium coïncide avec le résultat des mesures de Meitner et Hupfeld. Mais dans le cas des éléments plus légers (C, O) dont les coefficients étaient trouvés en accord exact avec la valeur théorique

(¹) E. Rutherford, *Radiat. f. Rad. Subs.*, 1930, p. 475; Skobeltzyn, *Z. f. Phys.*, 58, 1929, p. 600.

(²) Le facteur $h\gamma\sigma_A$ fait que les différents quanta (plus durs) sont comptés proportionnellement à la portée des électrons secondaires.

(³) Le contraire voudrait dire qu'il y a une erreur fondamentale dans la loi théorique admise comme base de ces calculs (loi de l'effet Compton), éventualité qui semble exclue.

calculée pour $\lambda = 4.7$, une divergence de l'ordre de 5 pour 100 est maintenant à constater. L'éventualité des écarts à partir de la formule théorique, dans les limites de cette précision, doit, par conséquent, être prise en considération.

RADIOACTIVITÉ. — *Dosage de l'actinium dans les minerais d'urane.* Note de Mlle **Ellen Gleditsch** et M. **Ernst Foyn**, présentée par M. G. Urbain.

Depuis quelque temps nous essayons de déterminer la quantité d'actinium qui se trouve dans les minerais d'urane. Plus spécialement nous avons cherché si le rapport Ac/U est constant ou s'il varie avec l'âge du minerai, ce qui pourrait nous donner, on le sait, des indications précieuses sur l'origine de la famille de l'actinium.

Des recherches antérieures ont été faites par Boltwood (¹), Hahn, Meitner (²), Wildish (³) et d'autres, le principe étant toujours de doser les substances ou de comparer les quantités des différentes substances par leur rayonnement α. Le désaccord dans les résultats prouve que le problème comporte des difficultés sérieuses; celles-ci sont d'ordre chimique, la purification des corps en question étant extrêmement délicate.

Nous avons attaqué le problème par deux voies différentes :

1° Dosage de l'actinium lui-même; précipitation de l'actinium et purification de celui-ci, suivie d'une étude de l'augmentation de son activité;

2° Dosage du protactinium; précipitation et purification du protactinium et détermination de son activité α.

1. *Précipitation de l'actinium.* — Le minerai est dissous dans l'acide nitrique et dans la solution, les terres rares sont précipitées par l'acide fluorhydrique. Pour bien entraîner l'actinium, on ajoute une petite quantité de nitrate de lanthane. Les opérations sont répétées deux fois. Les terres rares, après avoir été transformées en sulfates, sont dissoutes dans l'eau et l'on précipite le thorium avec l'ionium par le peroxyde d'hydrogène en solution presque neutre. Dans la solution, l'actinium est précipité par l'ammoniaque. La principale cause d'erreur proviendrait du radium

(¹) B. B. Boltwood, *Amer. Journal Sci.*, 25, 1908, p. 269.

(²) O. Hahn et L. Meitner, *Phys. Zeitschr.*, 20, 1919, p. 529; *Ber. Deutsch. Chem. Gesells*, 52, 1919, p. 1812.

(³) James E. Wildish, *J. Amer. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 163.

entraîné. Nous nous sommes débarrassés du radium, en partie avant la séparation de l'actinium du thorium + ionium, en partie après, toujours par la méthode de précipitation de ces substances par l'ammoniaque, ce qui laisse le radium en solution. Il est nécessaire de répéter l'opération cinq à six fois.

2. *Précipitation du protactinium.* — Le minerai est traité par l'acide nitrique. Le résidu, additionné de 10 à 20^{mg} d'oxyde de tantale, est mis en fusion avec de la soude. La masse est dissoute dans l'eau et la solution est ajoutée à la solution principale. On a soin d'avoir une solution presque neutre, très légèrement acide. On y ajoute de l'acide sulfurique et l'on porte à l'ébullition, l'oxyde de tantale est précipité avec le protactinium. Ensuite fusion au bisulfate et reprise par l'eau bouillante; l'oxyde de tantale ainsi précipité est soluble dans l'acide fluorhydrique très étendu. On précipite par l'ammoniaque, puis on dissout dans l'acide fluorhydrique et en répétant ces opérations on arrive à séparer le radium et à obtenir un oxyde de tantale pur.

Des précipités obtenus par les opérations décrites, on a préparé à l'aide de chloroforme des couches très minces : 0,03 à $0^{mg},1$ de substance par centimètre carré. Les activités étaient mesurées dans un électromètre de Wulff à fils de quartz. L'instrument fonctionne très régulièrement et a un mouvement propre très faible. Toutes les mesures sont comparées à un étalon d'oxyde d'uranium.

La comparaison des mesures permet de calculer le rapport de la quantité d'actinium à celle d'uranium. Vu les difficultés des purifications chimiques, nous ne comptons pas atteindre dans ces premiers essais une précision supérieure à 10 pour 100.

Les résultats indiquent que la quantité de la branche de l'actinium représente 3 pour 100 de celle de l'uranium.

Les minerais examinés sont : la *broeggerite*, une thoruraninite cristallisée de Raade (Norvège) qui nous donne 2,7, et une *pechblende de Cornouailles*, une uraninite non cristallisée qui nous donne 3,3.

Nous poursuivons l'étude pour d'autres minerais.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les borures alcalins*. Note de MM. **L. Andrieux** et **D. Barbetti**, présentée par M. Georges Urbain.

Les borures alcalins étant encore inconnus, nous nous sommes demandé, à la suite des travaux antérieurs publiés par l'un de nous ([1]), s'il ne serait pas possible de mettre leur formation en évidence en préparant des borures mixtes d'un métal alcalin et d'un autre métal, c'est-à-dire en stabilisant en quelque sorte le borure alcalin par l'autre borure.

En électrolysant des bains fondus, constitués par des borates et des fluorures de sodium, de potassium ou de lithium additionnés de petites quantités d'un oxyde alcalino-terreux ou de terres rares, nous avons pu obtenir un certain nombre de ces borures mixtes.

Les expériences ont été faites, comme dans les travaux précédemment cités, à des températures voisines de 950°; nous avons isolé des cristaux noirs présentant, au microscope, le même aspect que les borures des métaux alcalino-terreux ou des terres rares.

Voici, à titre d'exemple, les résultats fournis par les analyses de quelques-uns de ces produits :

		Analyse des cristaux.					
		Métaux.		Bore.			
N°s des essais.	Composition du bain.	M %.	Na %.	Total %.	B corresp' à M.	B' corresp' à Na.	Na/B'.
1...	(Borax : 130g ; NaF : 30) + CaO : 4g	Ca : 23,6	10,0	65,6	38,2	27,4	0,36
2...	» + CaO : 12	31,9	4,1	63,5	51,7	11,8	0,35
3...	» + SrO : 5	Sr : 44,4	5,7	49,0	32,9	16,1	0,35
4...	» + SrO : 10	46,1	4,9	48,1	34,2	13,9	0,35
5...	» + BaO : 50	Ba : 56,1	4,5	38,9	26,5	12,4	0,36
6...	» + BaO : 60	57,3	3,8	37,7	27,1	10,6	0,36
7...	» + CeO^2 : 3	Ce : 45,6	8,9	45,1	21,1	24,1	0,36
8...	» + CeO^2 : 5	50,5	6,7	41,8	23,4	18,4	0,36
9...	» + CeO^2 : 20	58,3	3,7	37,6	27,0	10,6	0,35
10...	» + La^2O^3 : 15	La : 50,3	6,9	42,4	23,5	18,9	0,36
11...	» + Nd^2O^3 : 10	Nd : 48,8	7,7	43,2	21,9	21,3	0,36
12...	» + Nd^2O^3 : 12	52,1	6,4	41,2	23,4	17,8	0,35
13...	» + ThO^2 : 4	Th : 41,9	12,1	46,3	11,7	34,6	0,35
14...	» + ThO^2 : 7	43,9	11,6	45,0	12,3	32,7	0,35
15...	» + ThO^2 : 15	49,4	9,7	40,3	13,8	26,5	0,36

(1) L. Andrieux, *Annales de Chimie*, 12, 1929, p. 423-507; *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 720.

Si l'on retranche de la masse du bore total la quantité B nécessaire à la formation du borure du métal alcalino-terreux ou du métal du groupe des terres rares, il est remarquable que le rapport de la masse du sodium à la masse B′ du bore restant est un nombre constant, voisin de 0,35, c'est-à-dire qu'il est sensiblement égal au rapport des masses de sodium et de bore contenues dans un borure de sodium de formule NaB^6 (Na 26,15 pour 100, B 73,84 pour 100).

Les borures alcalins auraient donc des formules analogues à celles des borures des métaux alcalino-terreux et des métaux des terres rares, et pourraient syncristalliser avec eux en proportions variables, pour donner des borures mixtes.

Comme dans le cas des borures mixtes de cérium et de thorium, nous avons constaté que la composition du produit dépend, dans certaine, limites, des proportions des constituants du bain. C'est ainsi que la teneurs en borure alcalino-terreux, du borure mixte obtenu, décroît au fur et à mesure que la quantité d'oxyde correspondant diminue dans le bain. Mais, lorsque cette quantité devient trop faible, les cristaux ne se forment plus; on recueille du bore impur. Les derniers cristaux obtenus sont constitués par un borure mixte ayant une teneur limite en borure alcalin, teneur au delà de laquelle, pour une température donnée, le borure mixte n'est plus stable. Ainsi, pour les borures mixtes de sodium et de thorium, cette teneur limite est d'environ 50 pour 100 dans les conditions où nous avons opéré.

En résumé, les recherches précédentes nous amènent à penser que les métaux alcalins sont susceptibles, dans certaines conditions, de donner des borures : NaB^6, KB^6, LiB^6, isomorphes des borures des métaux alcalino-terreux et des métaux des terres rares. Sans être encore parvenus à les isoler, nous avons pu, grâce à la formation de borures mixtes, déterminer leurs formules probables.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre Raman de quelques carbures cyclaniques.* Note (1) de MM. **Étienne Canals**, **Marcel Godchot** et Mlle **Germaine Cauquil**, présentée par M. Delépine.

La présente Note a pour but de faire connaître les spectres Raman de quelques carbures appartenant aux cycles en C^5, C^7, C^8, et les observations

(1) Séance du 25 avril 1932.

qui en résultent en les comparant entre eux et avec ceux déjà cités par nous pour les carbures cyclohexaniques dans une précédente Communication ([1]).

Le tableau ci-après résume l'ensemble de nos déterminations; nous avons ajouté à celles-ci les spectres Raman du cyclopropane et du méthylcyclopropane publiés récemment par MM. Lespieau, Bourguel et Wakemann ([2]).

Raies Raman (en cm^{-1}).

1*.	2*.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
–	–	–	–	379	392	335	320	243	–
–	–	301	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	523	425	444	397	381	371	–
867	–	889	845	801	775	729	722	700	703
–	–	–	890	–	845	–	–	–	–
–	–	–	–	–	896	–	–	–	–
–	–	1032	–	1029	1038	1005	1000	988	996
–	–	1205	1205	1165	1191	1165	1177	1171	1159
1188	1208	1290	1299	1268	1260	1282	1278	1293	1286
–	–	1370	1374	1346	1363	1345	1351	1367	1347
1439	–	1450	1458	1440	1447	1439	1444	1439	1452
3011	–	2873	2873	2854	2853	2858	2855	2857	2864
3028	–	2942	2942	2926	2925	2903	2922	2914	2904
3078	–	2973	2974	2933	2952	2933	2945	2939	épaisse, 2927 à 2954

* D'après Lespieau, Bourguel-Wakeman.

1, Cyclopropane; 2, Méthylcyclopropane; 3, Cyclopentane; 4, Méthylcyclopentane; 5, Cyclohexane; 6, Méthylcyclohexane; 7, Cycloheptane; 8, Méthylcycloheptane; 9, Cyclooctane; 10, Méthylcyclooctane.

L'examen de ce tableau conduit aux conclusions suivantes :

A. Le spectre Raman du cyclopentane trouvé par nous est en parfait accord avec celui publié récemment par Weiler ([3]).

B. Les spectres Raman des différents carbures fondamentaux présentent un aspect général très voisin.

Les fréquences dans la région spectrale des raies relatives aux liaisons C — C diminuent lorsque le nombre d'atomes de carbone du cycle croît.

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 176.

([2]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1087.

([3]) Weiler, *Zeits. für Physik*, 69, 1931, p. 586.

La raie 1440 caractérisant le groupement $—CH^2$, ainsi que d'autres auteurs l'ont déjà montré, se retrouve à peu près invariable pour tous ces carbures.

Dans la région des liaisons C—H, rien de particulier à signaler lorsqu'on examine les raies comprises entre 2845 et 3078 cm^{-1}.

C. La substitution dans le noyau d'un $—CH^3$ produit en général un abaissement de fréquence en particulier pour la raie (forte) de la région 800, cette diminution étant d'autant plus élevée que le cycle a moins d'atomes de carbone, à tel point que le méthylcyclooctane semble avoir sensiblement le même spectre Raman que le cyclooctane.

D. Il nous a paru intéressant de comparer les spectres indiqués dans le tableau précédent avec ceux déjà signalés par d'autres auteurs [(1), (2), (3), (4)] pour les carbures acycliques normaux saturés de même condensation en carbone.

1.	2.	3.	4.	5.
–	–	320	154	–
–	402	360	765	–
–	764	–	–	–
–	843	823	822	828
870	867	897	897	879
940	–	–	956	955
1050	–	1040	1027	1066
–	–	1148	–	1143
–	–	–	–	–
–	–	1313	–	–
1450	1454	1455	1448	1448
2870	2857	2731	2865	2870
2910	2873	2862	2932	2934
–	2915	2941	–	–
–	2936	–	–	–
2950	2962	–	–	–

1, Propane (1); 2, Pentane (2); 3, Hexane (3); 4, Heptane (4); 5, Octane (4).

Nous constatons tout de suite que les raies fortes de la région 1200 : (1188, 1290, 1268, 1293) existent uniquement dans les spectres Raman des carbures cyclaniques et n'existent pas dans les spectres Raman des carbures

(1) DAURE, *Annales de Phys.*, 12, 1929, p. 375.
(2) DADIEU-KOHLRAUSCH, *Wien. Ber.*, 138, 1929, p. 41.
(3) PETRIKALM-HOCHBERG, *Zeits. für phys. Chem.*, 3, 1929, p. 217 et 405.
(4) GANESAN-VENKATESWARAN, *Indian J. of Phys.*, 4, 1929, p. 196.

acycliques correspondants. Il semble donc que ces raies caractérisent un carbure à chaîne fermée. Il convient de noter encore que ces raies ont sensiblement la même fréquence, celle du cyclopropane exceptée.

E. Peut-on en outre tirer de ces résultats une règle permettant après examen d'un spectre Raman, de reconnaître si un carbure cyclanique appartient à un cycle plutôt qu'à un autre? Sans vouloir en affirmer aujourd'hui la possibilité (étant donné le nombre trop restreint de déterminations actuellement faites) nous pouvons indiquer toutefois que, si on considère la fréquence de la raie forte de la région 800 pour le cyclopentane, le cyclohexane, le cycloheptane et le cyclooctane, on trouve que le produit du carré de la fréquence par le nombre d'atomes de carbone du cycle reste constant à 6 pour 100 près ($f^2 \times n \times 10^{-3} = 38,5$).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage du baryum à l'état de chromate.* Note de MM. **Lemarchands** et **Sirot**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'emploi des chromates alcalins permet de séparer quantitativement le baryum et le strontium ([1]). Pour préciser les conditions de cette méthode d'analyse nous avons étudié la solubilité du chromate de baryum dans l'eau distillée à 100°, puis dans les solutions étendues et bouillantes de chlorure de potassium.

1. *Solubilité du chromate de baryum dans l'eau distillée à* 100°. — Les mesures de solubilité du chromate de baryum dans l'eau à 100°, ont été faites dans des ballons en pyrex de un litre de capacité. Le col, très court de 4^{cm} de diamètre et rodé à l'émeri, venait s'ajuster dans un bouchon, également en pyrex. Celui-ci, creux, était soudé à un tube de 50^{cm} environ de longueur, qui servait de réfrigérant. Pour que la condensation de la vapeur émise par la solution portée à l'ébullition dans le ballon fut aussi complète que possible, ce tube était prolongé par un réfrigérant ascendant.

Une quantité voisine de 2 à 4^{dg} de chromate de baryum pesée à 0^{g},0002 près, était introduite dans le ballon à expérience avec une quantité d'eau bidistillée voisine de 300^{g}. La durée de l'ébullition variait de 7 à 8 heures. La solution était alors filtrée à l'aide de la trompe sur creuset en verre d'Iéna. La durée de la filtration ne dépassait pas deux minutes, pendant lesquelles le liquide était maintenu à l'ébullition. Après refroidissement, le

([1]) Treadwell et Boll, *Analyse quantitative*, 2e édition, p. 82.

chromate de baryum non dissous était rassemblé sur le creuset au moyen d'une solution saturée à froid du même sel. Le creuset était ensuite séché, calciné au four électrique, afin d'éviter l'action des gaz réducteurs sur le chromate, et pesé dans les mêmes conditions après refroidissement dans un dessiccateur à anhydride phosphorique. D'autre part la solution chaude, filtrée, était également pesée, évaporée dans une capsule de platine à l'étuve électrique, puis le résidu calciné et pesé. On pouvait contrôler ainsi l'exactitude de la première détermination.

Au cours de trois expériences nous avons obtenu les nombres suivants, exprimant la solubilité du chromate de baryum en milligrammes par litre, à 100° :

11,71 11,93 11,8 (moyenne : 11,81).

Remarque. — La concentration du chromate de baryum à 100°, pour 1000g d'eau, exprimée en millimolécules-grammes est

$$CrO_4Ba = \frac{11,8}{253,5} = 0,0465.$$

2. *Solubilité du chromate de baryum dans les solutions de chlorure de potassium.* — Nous nous somme servis du même appareil que pour les déterminations précédentes.

Quelques décigrammes de chromate de baryum étaient introduits dans le ballon au contact de solutions de chlorure de potassium de concentrations variables.

Après une ébullition de 7 à 8 heures, la solution bouillante était filtrée comme précédemment sur un creuset de verre.

Dans le tableau suivant des résultats, les concentrations sont exprimées en millimolécules grammes dans 1000 grammes de solution.

L'application de la loi d'action de masse sous la forme que Guldberg et Waage lui ont donné

$$K = \frac{C.CrO^4K^2.C.BaCl^2}{C.CrO^4Ba.C^2.KCl}$$

conduit pour k aux valeurs données dans le tableau.

Expérience n°	2 - 4	5 - 9	11 - 12	14 - 17
$C.K^2CrO^4 = C.BaCl^2$	0,0865-0,08415	0,1290-0,1282	0,1531-0,1471	0,1836-0,1952
C.KCl	333 -333	478,5 -475,6	573,1 -572,0	730,6 -732,8
10^0 Kc	1,45 -1,37	1,56 -1,56	1,53 -1,42	1,36 -1,53

Expérience n°	19 - 20	23 - 26	28 - 29
$C.K^2CrO^4 = C.BaCl^2$	0,21006-0,20861	0.2299-0,2281	0,2705-0,2697
C.KCl	870,4 -870,4	995,2 -998,4	1271,7-1280,0
10^0 Kc	1,25 -1,24	1,15 -1,12	0,973-0,955

Pour chaque concentration en KCl, quatre ou cinq expériences ont été faites; la valeur de K est donnée pour les deux expériences se rapprochant le plus du résultat moyen. La constance de ce nombre montre que la loi s'applique bien dans le cas des solutions les plus diluées.

Le calcul du coefficient d'activité γ du chlorure de la valeur moyenne de $K = 1,24.10^{-6}$ donne les valeurs suivantes :

C.KCl..........	0	333	478	572	730,6	870	996	1275
γ.KCl..........	1	1,08	1,17	1,11	1,04	1	0,960	0,873

qui marquent une différence assez peu sensible dans la manière de se conduire du sel jusqu'aux concentrations supérieures à la normale.

Avec les résultats ci-dessus, on peut construire un abaque permettant de trouver les quantités de baryum dissoutes dans une solution de KCl de concentration déterminée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un procédé de préparation des chlorures anhydres des métaux des terres cériques.* Note de MM. **P. Brauman** et **S. Takvorian**, présentée par M. G. Urbain.

Une solution neutre ou légèrement acide (1) d'un sel d'un métal de la série cérique, traitée par un excès de benzoate de sodium, donne naissance à un précipité de benzoate hydraté de formule $M(C^6H^5CO^2)^3.3H^2O$ (2); la précipitation peut être considérée comme complète. Si on porte ce sel à 110° pendant 2 à 3 heures, la totalité de l'eau de cristallisation est éliminée sans qu'on observe aucune décomposition du benzoate, comme en témoignent les résultats suivants, relatifs à la calcination des benzoates anhydres.

Élément.	Oxyde M^2O^3 pour 100 calculé.	Oxyde M^2O^3 pour 100 trouvé.
La......................	32,47	32,24-32,47
Nd......................	33,21	33,36-33,0
Sm......................	33,96	34,19-33,98

(1) Nous avons employé des solutions de nitrates ou de chlorures légèrement acides, afin d'éviter la formation de petites quantités de benzoates basiques.

(2) Czudnowicz, *J. Prakt. Chem.*, 80, 1860, p. 31; 82, 1861, p. 277.

Il est possible d'utiliser ces sels pour la préparation, à basse température, de chlorures anhydres.

Le benzoate est mis dans un entonnoir filtrant cylindrique en verre d'Iéna, que l'on introduit dans un soxhlet, où l'on verse de l'éther anhydre fraîchement saturé de HCl sec (1). L'appareil étant mis en relations avec l'atmosphère par l'intermédiaire d'un tube desséchant, on procède à l'extraction; l'acide chlorhydrique déplace l'acide benzoïque, qui se dissout dans l'éther, et que l'on élimine complètement en renouvelant le liquide à deux reprises.

L'extraction terminée, on sort rapidement le filtre dans lequel on fait passer HCl sec à la température de 60°, afin de chasser l'éther. Puis on déplace HCl par de l'air sec.

On obtient ainsi une masse poreuse qui se dissout dans l'eau avec le sifflement caractéristique des chlorures anhydres. Même chauffés préalablement à 350°, ces produits donnaient des solutions limpides; toute trace d'eau pouvant provoquer, dans ces conditions, la formation d'oxychlorures insolubles, avait bien été évitée.

C'est ce que confirment aussi les résultats d'analyses suivants :

	Métal %		Cl %		Nombre d'atomes de Cl pour
Élément.	trouvé.	calculé.	trouvé.	calculé.	1 atome de métal.
La	56,07	56,64	43,0	43,36	3,01
Nd	–	–	–	–	3,00
Sm	58,15	58,57	41,65	41,43	3,04

Les terres rares étaient dosées à l'état d'oxydes après deux précipitations à l'ammoniaque et passage par les oxalates; le chlore, dans le filtrat, à l'état de chlorure d'argent.

Le procédé décrit ci-dessus a l'avantage, tout en étant assez rapide, d'être pratiquement quantitatif; il permet d'opérer sans perte sur de faibles quantités d'un produit rare. De plus, bien que la température ne dépasse jamais 60°, il donne des produits parfaitement anhydres et cependant absolument exempts d'oxychlorures, ce qui n'est pas toujours le cas, du moins pour les derniers termes de la série, avec les méthodes habituellement employées.

(1) On peut ajouter à la première portion d'éther 5 pour 100 de chlorure d'acétyle. Mais les chlorures ainsi obtenus se colorent légèrement quand on les chauffe à 350°. Les analyses données plus loin ont été effectuées avec des chlorures préparés sans chlorure d'acétyle.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur quelques réactions entre zéolithes et sels peu solubles dans l'eau.* Note de M. G. Austerweil, présentée par M. Delépine.

Dans une Note précédente ([1]), l'auteur a établi les relations quantitatives qui régissent l'échange des bases entre une solution saline et les zéolithes, glauconie et autres alumino-hydrosilicates. Il a été démontré que la loi qui régit ce phénomène est celle de Berthelot et Jungfleisch pour l'extraction d'un corps dissous dans un liquide, à l'aide d'un solvant non miscible à ce liquide.

L'échange des bases se fait donc de telle sorte que la zéolithe fonctionnant comme solvant non miscible à la solution aqueuse d'un sel, extrait de cette solution aqueuse le cation selon la loi de Berthelot et Jungfleisch, tout en laissant à sa place son propre cation. Il etait évident que, de ce fait, un gros excès de l'un des solvants (dans notre cas la zéolithe) pouvait extraire quantitativement, à partir de la solution aqueuse, le cation qui s'y trouvait et, inversement, un gros excès de la solution aqueuse pouvait extraire, quantitativement, de la zéolithe, le cation que cette zéolithe contenait sous forme de base mobile.

Les relations quantitatives régissant ce phénomène sont déterminées par un coefficient d'échange caractéristique pour chaque paire de cations et pour chaque silico-aluminate hydraté. Le phénomène ainsi caractérisé d'une façon précise permet de prévoir la façon dont on peut éliminer quantativement un cation se trouvant dans une solution aqueuse. Il faut, tout simplement, prévoir l'excès suffisant de l'échangeur de bases.

Récemment, l'auteur a réussi une extension de ce phénomène aux anions. Il a pu faire la constatation qu'en employant des échangeurs de basse appropriés, on réussissait non seulement à enlever un cation, à partir d'une solution, mais aussi l'anion correspondant et, par suite, une molécule entière. Pour ce faire, il suffit d'employer comme extracteur une quantité suffisante et calculable d'une zéolithe saturée d'un cation mobile pouvant former avec l'anion de la solution des sels insolubles; lorsqu'on traitera une telle solution avec cette zéolithe, le cation de la solution changera de place avec le cation de la zéolithe; mais comme ce cation ne pourra pas former de solution avec l'anion de la solution aqueuse, il se formera un précipité

([1]) G. Austerweil, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1013.

du cation qui était fixé préalablement sur la zéolithe et l'anion de la solution, tandis que le cation de la solution ira se fixer sur l'échangeur de bases.

Par exemple, si l'on sature de plomb une zéolithe de sorte que tout le cation mobile de la zéolithe soit constitué uniquement par du plomb, et si l'on en prend la quantité déterminée d'après la méthode décrite dans la Note précédente de l'auteur pour un échange du cation plomb avec des cations Na, on peut éliminer quantitativement à partir d'une solution de chromate de sodium par exemple, et l'anion chromique et le cation sodium, en la filtrant sur cette zéolithe plombée. Il en sera de même pour la quantité équimoléculaire de carbonate de sodium ou de potassium ; on obtiendra, dans tous ces cas, un précipité de chromate de plomb ou de carbonate de plomb dans les interstices de l'échangeur de bases et on pourra soutirer une solution exempte de tous sels, tandis que la zéolithe aura gardé l'ion sodium ou potassium des solutions.

Mais nous avons vu que tout phénomène d'échange des bases est réversible. Si l'on essaie de voir à quel résultat conduira l'application de la réversibilité de cette réaction lorsqu'on a à faire à la formation d'un précipité avec de la zéolithe et non pas à la formation d'une solution, on arrive à la constatation qu'il doit être possible de préparer des solutions salines en traitant des zéolithes avec des suspensions aqueuses de corps peu solubles dans l'eau. Effectivement, si on prend une zéolithe intégralement sodée et qu'on la mélange, dans les proportions calculées selon la formule établie précédemment, avec du sulfate de calcium hydraté (gypse pulvérisé) en tenant compte dans ce calcul du coefficient d'échange Na/Ca, on obtiendra, par simple lixivation avec de l'eau, une quantité presque théorique de sulfate de sodium. Nous aurons, dans ce cas, extrait à l'aide de la zéolithe, le cation qui se trouvait dans une matière très peu soluble dans l'eau.

Le phénomène se passe exactement comme lorsqu'on extrait à l'aide d'un solvant organique volatile une matière grasse se trouvant dans une masse solide, par exemple un tourteau de pressurage, et la zéolithe joue le rôle de solvant volatil; elle ne peut, effectivement le remplir qu'en présence d'eau et dans le seul cas où la solubilité dans l'eau de la matière dont on extrait le cation est plus grande que la solubilité de la zéolithe qui doit se former. Ainsi il n'y a aucune difficulté à préparer du sulfate de sodium avec de la zéolithe sodée et du gypse en suspension aqueuse, car la solubilité de ce gypse est de 2^g environ par litre d'eau et la solubilité de la zéolithe chaulée qui se forme est certainement inférieure, mais il sera impossible d'extraire du carbonate de sodium à partir de la craie pulvérisée,

avec de la zéolithe sodée et de l'eau, car la solubilité du carbonate de calcium est inférieure à la solubilité de la zéolithe chaulée. Par contre il est facile d'extraire avec de l'eau et de la zéolithe sodée de la soude caustique à partir de chaux hydratée et ce jusqu'à une certaine concentration limite à laquelle l'hydrate de calcium devient moins soluble dans la soude formée que la zéolithe chaulée. C'est le cas lorsque la concentration du NaOH atteint N/6. On est aussi limité en ce qui concerne la préparation du sulfate de soude à partir du gypse, par une concentration limite en Na^2SO^4 et ce pour les mêmes causes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'hydrate de magnésie sur l'oxydation de l'hydroquinone*. Note de M. **Albert Saint-Maxen**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons antérieurement montré ([1]) que l'oxydation des solutions aqueuses d'hydroquinone est favorisée par les hydroxydes alcalins et alcalino-terreux. Nous nous proposons maintenant de voir dans quelle mesure cette propriété des bases alcalines peut s'étendre à l'hydrate de magnésie.

Tandis qu'une solution aqueuse saturée d'hydrate de magnésie, de concentration $3,5.10^{-4}$ mol-gr par litre, ne provoque aucune réaction appréciable, une suspension de ce corps, fraîchement préparée par action d'un alcali caustique sur une solution de sulfate de magnésium, se comporte comme une solution de soude de concentration équivalente.

Nous avons introduit 5^{cm^3} d'une suspension de magnésie hydratée de concentration décinormale, dans 300^{cm^3} d'une solution aqueuse d'hydroquinone contenant 20^g de diphénol par litre. Utilisant la méthode pneumatique préconisée par André Job ([2]), nous avons constaté une absorption d'oxygène, à la vitesse de $2^{cm^3},4$ par minute. L'introduction de 5^{cm^3} de soude décinormale dans une solution d'hydroquinone identique, détermine une absorption d'oxygène de $2^{cm^3},7$ par minute.

Cette suspension ne conserve pas plus de 10 minutes sa propriété excitatrice. Au bout de ce temps, l'introduction du même volume de suspension ne provoque plus qu'une absorption d'oxygène négligeable. En particulier on accroît la durée de ce pouvoir en augmentant la stabilité de la suspension. Au sein d'une solution visqueuse contenant 50 pour 100 en

---

([1]) Albert Saint-Maxen, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 212.
([2]) André Job, *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 1403.

poids de glycérine, la vitesse d'absorption demeure comprise entre 2,4 et 2^{cm^3},5 d'oxygène par minute avec une suspension préparée depuis 24 heures. Ces propriétés excitatrices ne disparaissent qu'au bout de plusieurs jours.

Si l'on hâte par la chaleur la précipitation de la suspension, le pouvoir excitateur disparaît comme dans le cas d'une suspension aqueuse. La glycérine seule ou additionnée de sulfate de magnésium n'accuse aucune action.

Malgré les difficultés expérimentales résultant de la faible solubilité de cet hydrate de magnésie, nous avons réussi, comme avec la soude, à mettre en évidence par des mesures de conductibilité électrique l'existence d'une combinaison équimoléculaire hydroquinone-hydrate de magnésie. D'autre part, le mélange des deux solutions incolores d'hydroquinone et d'hydrate de magnésie détermine l'apparition d'une coloration spectroscopiquement identique à celle que nous avons observée avec la soude.

D'autres modalités expérimentales permettent de faire intervenir la magnésie hydratée comme excitateur d'oxydation. Dès 1907, André Job (¹) avait montré le parti que l'on pouvait tirer de l'acétate de nickel, ayant subi un traitement thermique convenable, pour favoriser l'oxydation des solutions aqueuses de diphénols.

L'acétate de magnésium se comporte de la même façon. Pulvérisé, humecté, puis chauffé en atmosphère d'azote à la température moyenne de 110°, ce sel perd progressivement son eau et une partie de son acide acétique. Le produit ainsi obtenu consiste en une poudre blanche, se dissolvant d'autant plus lentement dans l'eau que l'hydrolyse a été plus poussée. La liqueur résultante joue le rôle d'excitateur vis-à-vis des solutions d'hydroquinone, comme les suspensions dont nous avons parlé plus haut. Son évolution est caractérisée par la mesure de sa vicosité exécutée en même temps que celle de la vitesse d'oxydation provoquée.

Un échantillon d'acétate neutre de magnésie fut chauffé pendant une demi-heure à 110°. Ce traitement détermine une hydrolyse telle que la composition du produit obtenu correspond à 0,800 molécule-gramme d'acide acétique, par demi-molécule-gramme de magnésie.

Nous avons figuré, dans une première colonne, le temps mesuré à partir du moment de l'introduction du produit dans l'eau; dans une seconde colonne, l'aspect de la liqueur; dans une troisième colonne, la viscosité par rapport à l'eau; enfin dans une quatrième colonne, la vitesse d'absorption en centimètres cubes d'oxygène par minute. La solution excitatrice contient 100^g de produit par litre.

(¹) ANDRÉ JOB, *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 1044.

Temps.	Aspect.	Viscosité.	Vitesse d'oxydation.
15 minutes..........	trouble	1,1	négligeable
3 heures...........	homogène, opalescent	5,6	4,0
24 heures...........	id.	5,2	5,4
4 jours.............	trouble, formation de précipité	3,5	2,5
14 jours.............	précipitation complète	1,3	1,0

Au cours de cette évolution, le pH de la solution excitatrice demeure compris entre 8,40 et 8,33, valeurs très voisines de celles relatives à une solution d'acétate neutre.

Pour tous les échantillons d'acétate de magnésie hydrolysé, on observe une évolution identique; le pouvoir excitateur passe par un maximum lorsque la liqueur présente une opalescence homogène.

Cet optimum varie avec le degré d'hydrolyse. Définissant ce dernier par le rapport entre la magnésie libérée au cours du traitement thermique et la magnésie totale contenue dans l'échantillon, la variation envisagée lui est sensiblement proportionnelle. Comme dans le cas des suspensions de magnésie envisagé au début de cette Note, la vitesse d'oxydation de la solution d'hydroquinone est la même que celle provoquée par une quantité de soude équivalente à celle de la magnésie libre.

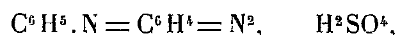
Notons enfin que la nature du sel soumis à l'hydrolyse n'intervient pas dans la valeur de l'action excitatrice. C'est ainsi que, pour la même hydrolyse, le formiate de magnésie conduit à des résultats identiques à ceux de l'acétate.

Ainsi la façon de se comporter de l'hydrate de magnésie vis-à-vis de l'hydroquinone présente de nombreuses analogies avec celui des hydroxydes alcalins et celui des hydroxydes alcalino-terreux. Il est, par contre, complètement dlfferent de celui de l'hydroxyde de zinc dont l'action excitatrice est toujours nulle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des acides étendus sur la phénylîminoquinone-diazide*. Note de MM. **André Kling** et **René Schmutz**, présentée par M. Matignon.

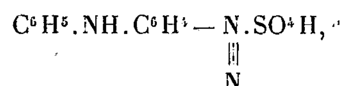
A l'occasion d'une étude d'ordre technique, nous avons été amenés à reprendre les travaux qui ont été publiés et qui sont relatifs aux sels diazoïques issus de la diazotation de la *p*-aminodiphénylamine, ainsi que ceux touchant la phényliminoquinone-diazide, combinaison résultant de l'action

des bases alcalines, en solution aqueuse, sur les diazoïques précités. Au cours de notre travail, nous avons constaté que, contrairement à ce qui avait été annoncé (1), la phényliminoquinone-diazide, traitée par les acides étendus, se salifie en régénérant les sels de diazoïques primitifs et qu'en particulier, le sulfate issu de la phényliminoquinone-diazide :



$$C^6H^5.N=C^6H^4=N^2, \qquad H^2SO^4,$$

s'identifie avec le sulfate de *p*-phénylaminobenzène-diazonium :



$$C^6H^5.NH.C^6H^4-N.SO^4H, \; \overset{\displaystyle |||}{N}$$

obtenu directement et que Hantzsch désigne sous le vocable de sulfate d'anilidobenzène-diazonium.

La phényliminoquinone-diazide de Hantzsch a été obtenue en faisant agir 100^{cm^3} d'ammoniaque à 22° Bé sur 10^g de sulfate de phénylaminobenzène-diazonium imparfaitement dissous dans 200^{cm^3} d'eau mélangés à 150^g de glace. Après une heure d'agitation mécanique, on filtre et lave à l'eau glacée le précipité impur de phényliminoquinone-diazide ainsi obtenu. Dans les eaux de filtration, on retrouve la presque totalité (98 pour 100) de l'acide sulfurique primitivement combiné au diazoïque, ce qui exclut toute éventualité d'un enrobage protecteur superficiel des particules de sulfate de diazoïque, enrobage qui serait constitué par des produits de décomposition.

La quinone-diazide, traitée par 300^{cm^3} d'acide sulfurique à 20 pour 100, refroidis à zéro, se transforme peu à peu, par agitation énergique, en fines aiguilles verdâtres. Celles-ci sont redissoutes dans 400^{cm^3} d'eau, la solution est ensuite filtrée pour éliminer un produit noir de décomposition, et reprécipitée par 200^{cm^3} d'acide sulfurique à 50 pour 100. Après essorage et lavage à l'acétone jusqu'à disparition totale de l'acide sulfurique, on isole $7^g,2$ de sulfate de phényliminoquinone-diazide, fines aiguilles jaunes, identique au sulfate de *p*-phénylaminobenzène-diazonium mis en œuvre. Le même rendement de 72 pour 100 est obtenu en remplaçant l'ammoniaque par 40^{cm^3} de soude caustique à 36° Bé.

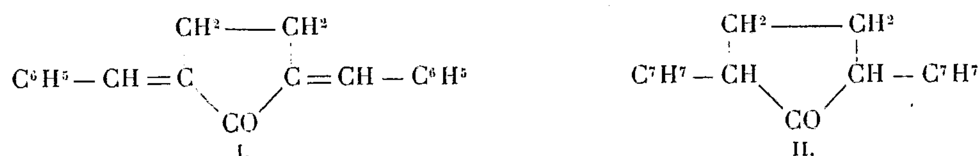
L'identité du produit initial et du produit final à été établie : 1° par l'identité d'aspect cristallin ; 2° par l'analyse spectrale au moyen du photocolorimètre T. C. B., à cellule potassium-tungstène (absorption totale du

(1) HANTZSCH, *Ber. d. chem. Ges.*, 35, 1902, p. 896.

violet et du bleu, faible absorption du vert, transmission intégrale du jaune, de l'orangé et du rouge); 3° par dosage de l'acide sulfurique combiné (33,36 pour 100 dans un cas, 32,51 pour 100 dans l'autre; théorie 33,40 pour 100); 4° par transformation au moyen de KI, de chacun des sulfates en iodures peu solubles (I pour 100 39,16 dans un cas, 38,70 pour 100 dans l'autre; théorie 39,38 pour 100); ces deux iodures présentant les mêmes spectres d'absorption que les sulfates; 5° par l'identité des réactions colorées et des spectres d'absorption, en milieu acétonique ammoniacal, des produits de copulation de chacun des sulfates avec la *m*-crésylènediamine (absorption totale du violet et du bleu, transmission partielle (35 pour 100) du vert, transmission intégrale du jaune, de l'orangé et du rouge); 6° par l'identité des chloromercurates, poudres bronzées à reflets métalliques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des dibenzylidène-cyclopentanones.* Note de MM. **R. Cornubert** et **M. De Demo**, présentée par M. Delépine.

L'un de nous a isolé, par distillation de la dibenzylidène-cyclopentanone I de teinte jaune citron et fondant à 190°, un isomère de teinte bistre clair fondant à 129° [1], dont l'hydrogénation a engendré un liquide qui a conduit à la même combinaison tétrahydropyronique que la dibenzylcyclopentanone II provenant de l'hydrogénation de l'isomère F : 190° [2]. Ce corps F : 129° paraissait donc être lui-même une dibenzylidène-cyclopentanone. Néanmoins, n'ayant pu opérer que sur une petite quantité de matière, nous avons tenu à vérifier ce résultat et à essayer d'établir s'il existe encore d'autres dibenzylidène-cyclopentanones, afin d'y apporter une contribution à l'étude de l'isomérie éthylénique :



La distillation de la dibenzylidène-cyclopentanone F : 190° donnant l'isomère F : 129° avec des rendements variables et toujours très faibles,

(1) R. Cornubert, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 440.
(2) R. Cornubert et A. Maurel, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 51, 1932, p. 50.

nous avons essayé tout d'abord de l'obtenir directement par condensation de la cyclopentanone et de l'aldéhyde benzoïque en cherchant des conditions expérimentales propices. Nous avons eu recours à un grand nombre d'agents de condensation en opérant en milieu hydroalcoolique, les uns créant un milieu acide, les autres un milieu alcalin : acide chlorhydrique, acide acétique, cyanure de potassium, borate de sodium, sulfure de sodium, pipéridine, triméthylamine, triéthylamine, éthylate de sodium, carbonate de sodium, hydrate de tétraméthylammonium, soude, potasse. Les uns n'ont été mis en œuvre qu'à une concentration, d'autres à diverses concentrations; de plus, la soude a été utilisée à diverses températures.

Nous dirons par ailleurs avec tous détails ce que chaque agent de condensation nous a donné; nous indiquerons simplement ici que les agents acides ne nous ont fourni que la dibenzylidène-cyclopentanone F : 190°, tandis que les agents alcalins suivant leur nature et les conditions d'utilisation ont engendré soit un dialdol F : 158°, soit un dialdol F : 178°, soit la précédente dibenzylidène-cyclopentanone F : 190°. N'ayant pu isoler ainsi l'isomère F : 129°, nous avons cherché à l'atteindre par d'autres voies : 1° par déshydratation des aldols par l'anhydride acétique, ce qui ne nous a donné que l'isomère F : 190°; 2° par distillation des dialdols à la pression atmosphérique, ce qui a fourni une petite quantité d'isomère F : 190° à côté principalement de benzaldéhyde et de cyclopentanone; 3° en condensant par divers alcoolates : méthylate, éthylate, propylate, isobutylate, amylate, ce qni a encore donné l'isomère F : 190°; de plus, l'isomère F : 129° étant produit à haute température, nous avons essayé de condenser par une petite quantité de cétylate à 250° en tube scellé, mais nous n'avons eneore obtenu que l'isomère F : 190°.

Nous sommes alors revenus au procédé de distillation de la dibenzylidène-cyclopentanone F : 190°, et en avons traité une grande quantité par ractions de 10^g. D'une opération à l'autre, nous avons encore observé des différences notables de rendement en produits de bas point de fusion. Par recristallisation dans l'alcool nous avons isolé, et ceci dans l'ordre suivant de solubilité croissante : 1° l'isomère F : 190° en proportion plus ou moins grande; 2° une certaine quantité de dibenzylidéne-cyclopentanone F : 131° (et non 129° comme il avait été indiqué précédemment), produit bistre clair d'apparence amorphe; 3° une très faible quantité d'un corps fondant à 140° se présentant en lamelles argentées très brillantes, de composition centésimale correspondant encore à celle d'une dibenzylidène-cyclopentanone; 4° une petite quantité de dibenzylidène-cyclopentanone

F : 190°; 5° des résines dont, avec l'alcool, nous avons extrait diverses substances plus ou moins jaunâtres; leurs points de fusion se sont étagés de 115 à 240° mais n'ont pu être stabilisés, par suite de manque de matière.

L'isomère F : 190° a conduit au dérivé tétrabromé F : 176° déjà décrit; l'isomère F : 131° en a fourni un peu, mais surtout un autre tétrabromure F : 80-85°.

L'hydrogénation catalytique de l'isomère F : 190° par des nickels formiques a donné deux dibenzylcyclopentanones F : 39-40° et 58°; celle de l'isomère F : 131° a engendré les mêmes corps; celle enfin de l'isomère F : 140° a conduit à un liquide dans lequel l'$\alpha\alpha'$-dibenzylcyclopentanone a pu être caractérisée (par sa combinaison tétrahydropyronique) à coté de deux corps blancs F : 129° et 220-240° que nous avons également obtenus, à l'exclusion alors des corps F : 39-40° et 58°, en hydrogénant l'isomère F : 190° par certains nickels formiques. Tous ces hydrodérivés sont actuellement à l'étude; c'est la première fois, après tant de nickels formiques utilisés par nous, qu'un catalyseur nous donne de pareilles divergences dans la nature des produits d'hydrogénation.

En résumé, nous avons isolé actuellement trois dibenzylidène-cyclopentanones. S'agit-il de corps purs? L'une d'elles représente-t-elle un mélange à point fixe? C'est ce que nous ne pouvons dire, mais il est possible que le composé F : 131° soit un mélange de cette espèce, étant donnée la nature du quatrième dépôt.

GÉOLOGIE. — *Sur l'état du problème tectonique prérifain et rifain méridional : possibilités de coordination.* Note de M. **Jean Lacoste**, présentée par M. Ch. Jacob.

MM. Marin, Blumentbal et Fallot [1], en exposant que les paroxysmes éoalpins n'ont pas déterminé de charriages dans la partie interne du Rif, le Rif espagnol, ont remarqué que « les poussées d'âge alpin n'ont pas moins dû comprimer fortement toutes les régions du Rif externe », c'est-à-dire du Rif français, en y provoquant d'importantes dislocations.

Quelle est la nature de ces dislocations? C'est là le problème tectonique prérifain, intéressant plus spécialement les régions du Rif méridional, du Rarb et du Prérif.

---

(1) A. Marin, M. Blumenthal, P. Fallot, *Observations géologiques sur le Nord-Ouest du Rif Marocain* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 30, vii, 1930, p. 659-735).

Ces régions, découpées jusqu'ici et nécessairement pour l'étude en secteurs séparés, ont donné lieu à des interprétations diverses.

S'agit-il d'une vaste nappe de style alpin, comme la nappe Trias-Nummulitique envisagée par M. Daguin ([1])? Ses racines sont alors à rechercher dans le Rif méridional.

S'agit-il d'une nappe de décollement du Nummulitique, du type de celle décrite dans le Rarb par M. Bourcart ([2])? Dans ce cas une zone Sud, où le recouvrement est la règle, fait suite à une zone Nord de séries normales.

Ces deux styles différents sont-ils conciliables, l'un existant dans la partie Sud-Est (Meknès-Fès), l'autre dans la partie Nord-Ouest (Rarb) d'une région aussi uniforme que l'étendue prérifaine ?

De même, si, avec Pierre Termier ([3]), on admet la possibilité d'une nappe de style alpin dans la zone Meknès-Fès, il paraît difficile de ne voir dans le Rarb, très semblable, qu'une tectonique salifère, une tectonique de dômes.

Dans la région de Moulay Bou Chta (Rif Méridional), qui est à la fois l'arrière pays du Prérif et du Rarb, j'ai signalé le caractère autochtone du Nummulitique; indiqué qu'il ne s'agissait pas de nappes superposées, mais d'un style de plis déversés et d'écailles enracinées, avec accidents diapirs et extravasions de Trias, déclenchés par les pressions tangentielles ; enfin reconnu en outre des rides jurassico-crétacées, formées dès le Crétacé ([4]).

De ces différentes études sur des régions voisines composant une vaste unité géographique, une interprétation d'ensemble peut-elle être dégagée? M. Daguin, puis M. Bourcart, en des zones très difficiles où divers travaux avaient signalé des nappes empilées, ont parfaitement analysé le problème prérifain et l'on conçoit que le pays marneux du Prérif envisagé isolément suggère la notion de nappe Trias-Éocène invoquée par ces deux auteurs. Mais en abordant les régions situées au Nord, des faits nouveaux apparaissent et permettent de préciser les relations du Rif méridional avec le Prérif et le Rarb.

Si, se déplaçant de Fès vers le Nord, on recherche la nature du passage de la série nummulitique prérifaine placée dans une nappe à la série nummulitique autochtone du Nord, on reconnaît que le Rif méridional, pays

---

([1]) F. Daguin, *Contribution à l'étude géologique de la région prérifaine* (*Thèse*, Montpellier, 1927).

([2]) J. Bourcart, *Problèmes soulevés par l'étude stratigraphique du Rarb Marocain* (*Livre Jubilaire du Centenaire Soc. géol. Fr.*, 1, 1930, p. 171-296).

([3]) P. Termier, *Sur l'un des problèmes tectoniques du Rarb* (*Maroc*) (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, I-II, 1928, p. 7-17).

([4]) J. Lacoste, *Observations sur le Rif central* (*C. R. somm. géol. Fr.*, 17 mars 1930, p. 48-49).

de courtes imbrications, ne peut founir les racines d'une nappe prérifaine ([1]).

Se déplaçant à travers le Rarb vers Cuezzane et le Nord-Est, on constate que la présence fréquente, même en des points très méridionaux, du Crétacé, en discordance sous le Nummulitique, rend impossible l'appréciation d'une limite entre une zone Sud où le Nummulitique serait décollé, et une zone Nord où il est autochtone ([2]).

En outre, dans le Prérif et dans le Rarb, des accidents dus au Trias paraissent très semblables à ceux du Trias autochtone du Nord.

Pour ces raisons, ici schématisées, il devient aujourd'hui difficile d'envisager dans ces deux régions d'importants mouvements tangentiels, nappe du deuxième genre ou nappe de décollement.

Je connais toute la valeur des arguments de M. Daguin et de M. Bourcart. Il paraît précisément intéressant de rechercher si les faits invoqués, qui, dans le cadre des connaissances antérieures, n'ont pu être interprétés que comme témoins de vastes recouvrements, ne sont pas en définitive conciliables avec des séries enracinées, localement chevauchantes, telles que j'en ai signalées dans les régions rifaines méridionales. A cette fin, il suffirait d'examiner dans le Prérif et dans le Rarb quelques points (fenêtres et lambeaux de recouvrement), tenus comme arguments principaux.

De sérieux éléments de coordination existent dès maintenant. La belle analyse stratigraphique fournie par M. Daguin lui a fait reconnaître le premier, dans le Prérif, des affleurements de Crétacé supérieur. M. Bourcart, qui a exposé d'intéressantes objections à une nappe de style alpin, a reconnu la discordance Crétacé-Éocène et envisagé l'hypothèse d'une orogénie anténummulitique. En décrivant les niveaux phosphatés et grèseux de l'Eocène, MM. Daguin et Bourcart ont permis des parallélismes, grâce auxquels ces niveaux peuvent être considérés comme représentant généralement la base stratigraphique réelle de l'Éocène.

Tout cela semble propre à faciliter une prochaine interprétation d'ensemble des régions prérifaines et rifaines méridionales. Elle devra dégager trois faits d'importance essentielle : la formation d'âge crétacé des rides principales, la grande extension du Crétacé à faciès marneux, l'existence de niveaux transgressifs du Nummulitique.

([1]) J. Lacoste, *Observations sur la série nummulitique prérifaine et rifaine méridionale : niveaux transgressifs et décollements* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 112).

([2]) J. Lacoste, *Sur la présence de Rosalina Linnei dans le Rarb* (*Maroc*) (*C. R. Somm. géol. Fr.*, 16 février 1931, p. 37-38).

GÉOLOGIE. — *Observations géologiques en Asie Mineure : les terrains à Fusulinidés*. Note de M. **E. Chaput**, présentée par M. Ch. Jacob.

On connaît en Asie Mineure quelques gisements de calcaires à Fusulines, les uns dans l'Ouest (Balia Maden), d'autres dans les chaînes méridionales; mais on n'avait pas signalé jusqu'ici les terrains à Fusulinidés dans les régions pontiques, ni dans l'Anatolie centrale. Or, pendant les explorations que j'ai faites, avec la collaboration des professeurs de l'Université de Stamboul, de 1929 à 1931, nous avons recueilli des calcaires et des grès à Fusulinidés, d'une part dans les chaînes galates, grand rameau détaché des chaînes pontiques méridionales vers l'Anatolie centrale, d'autre part dans la région de Nicée (Iznik), intermédiaire entre les chaînes pontiques proprement dites et le faisceau Est-égéen.

1° Le massif de l'Elma Dagh, au Sud-Est d'Angora, appartient aux chaînes galates. Les plis, très serrés, dirigés du Nord-Est vers le Sud-Ouest, affectent un ensemble de terrains très variés, attribués d'abord au Nummulitique, puis, plus récemment, au Paléozoïque, d'après certaines ressemblances de faciès avec le Dévonien du Bosphore. On y voit des conglomérats, des grès, des schistes et des calcaires sombres, bruns ou noirâtres. A Hassan Oghlan (30^{km} au Nord-Est d'Angora) et près de Doluntash ($28-30^{km}$ au Sud-Ouest d'Angora), les grès, grisâtres ou bruns, renferment des Fusulines; celles de Hassan Oghlan, seules déterminables, correspondent à *Fusulina elongata* Shumard [1] et appartiennent par conséquent au Permien.

Au Sud-Est de la zone Hassan Oghlan-Doluntash, où les Fusulines ont été recueillies en place, existent certainement des calcaires à Fusulinidés; mais nous n'avons pas encore observé les bancs mêmes qui les fournissent. A 20^{km} au Sud-Est d'Angora, nous avons trouvé, dans des éboulis de Paléozoïque et de Trias, un bloc de calcaires noirs, schisteux, à nombreuses Fusulinelles (*Staffella* sp.). En outre, près de Tchuluk, à 60^{km} au Sud-Sud-Ouest d'Angora, dans une région plissée appartenant encore aux chaînes galates, nous avons rencontré un bloc de calcaire gris foncé

(1) M. Reichel, qui a examiné les Fusulines de Hassan Oghlan et de Göl Bashy, m'a signalé leur identité avec les formes recueillies en Grèce et étudiées récemment par Ozawa et Tobler. Les autres Fusulinidés ici mentionnés ont été déterminés par M. Raymond Ciry, qui les décrira ultérieurement.

à *Sumatrina Annae* Gein., *Verbeekina Verbeeki* Von Staff, etc., dans des dépôts superficiels, à matériaux à peine émoussés, provenant de la désagrégation d'un conglomérat probablement néogène.

2° Entre le lac de Nicée, le bassin de Yenishehir et la plaine de Brousse, les massifs montagneux, dont les plis sont dirigés vers l'Ouest ou le Sud-Ouest, comprennent surtout du Nummulitique, avec des zones de roches ordinairement sombres, dont l'âge était resté jusqu'ici incertain. Or, à Göl Bashy (20^{km} à l'Est-Nord-Est de Brousse), j'ai observé des alternances de grès et de calcaires sombres, reposant en discordance sur des schistes bruns. Les calcaires renferment *Fusulina elongata* Shumard; il y a ainsi une phase orogénique antérieure à la transgression permienne. Sur le prolongement de ces terrains se placent, près de Koyunhissar (40^{km} au Nord-Nord-Est de Brousse), des grès à *Sumatrina Annae* Gein. Enfin, sur les hauteurs de la Kyzyl Yaïla (60^{km} au Nord-Est de Brousse), on rencontre, épars en surface, des blocs de calcaires sombres à *Neoschwagerina Colaniae* Ozawa; mais ces calcaires n'ont pas encore été observés exactement en place.

Les terrains à Fusulinidés mentionnés ci-dessus appartiennent, ainsi, au moins pour la plus grande part, au Permien; ils établissent une série de jalons entre les terrains à Fusulinidés permiens des régions égéennes (Grèce, Balia Maden) et le Permien marin classique des régions asiatiques situées à l'Est de l'Anatolie.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la mer quaternaire de Tombouctou.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

J'ai signalé, il y a 31 ans, l'existence probable d'une mer, à une époque récente, dans la région de Tombouctou ([1]). Herborisant en juillet 1899 dans les dunes de Tombouctou, j'avais recueilli, à la surface du sol, plusieurs coquilles du groupe *Marginella Egouen*, espèce encore vivante dans l'Atlantique sur les côtes de Mauritanie et du Sénégal. A la même époque les indigènes me rapportèrent de nombreux spécimens de la même espèce ainsi que des *Columbella rustica* (autre espèce marine) qu'ils dirent se rencontrer dans le sol aux environs de Kabarah, à 6^{km} de Tombouctou.

Le pays, à cette époque, n'était pas encore pacifié, aussi l'Administration

([1]) *Comptes rendus*, **132**, 1901, p. 926.

militaire m'interdit-elle d'excursionner dans ces parages. Cependant sur les conseils de M. Mabille, qui avait reconnu dans mes coquilles des formes éteintes d'espèces encore vivantes, je fis connaître ma trouvaille et j'émis l'hypothèse d'une mer tombouctienne récente.

En 1909, R. Chudeau compléta mes observations et mon hypothèse. « L'abondance des fossiles à Tombouctou, dit-il, semble indiquer que l'eau avait la même constance de température que dans l'Atlantique, ce qui ne peut guère s'expliquer que par une communication directe avec l'Océan. La mer de Tombouctou aurait rejoint par le Djouf et le Kha (dépression entre le Tagant et l'Adrar Tmar) le golfe quaternaire de Mauritanie (1) ». Entre temps Germain avait examiné les coquilles que j'avais rapportées et avait reconnu quatre espèces renfermant en outre à leur intérieur des débris indéterminables d'autres mollusques (Cérithes et Lamellibanches (2). Cependant dans la séance du 22 novembre 1909 de la Société géologique de France, Chudeau renonçait à son hypothèse. Au dire des indigènes interrogés par son correspondant Yacouba-Dupuis, les Marginelles nommées *Koroni* (en Sonraï) auraient été apportées autrefois du Sahel pour servir de monnaie. Ces *Koroni*, affirme-t-il, devaient donc venir, soit du bassin de Taoudenni, soit plus vraisemblablement du golfe de Mauritanie, où on les connaît à l'état subfossile (Dereims). Aussi était-il d'avis qu'il fallait renoncer à la mer quaternaire de Tombouctou.

Au cours d'un récent voyage dans le Sahara et dans la partie nord du bassin du Niger, j'ai repris l'étude de cette question et je rapporte de nombreux et importants documents qui militent en faveur de la mer récente. J'ai recueilli de nouveau, et cette fois en quantité considérable, dans les rues même de Tombouctou et sur les principales places, des coquilles de *Marginella* associées à quelques *Columbella* et à de rares autres petites coquilles marines. L'étude de ces restes de Mollusques, au nombre d'une dizaine d'espèces, est confiée à M. Germain.

Ces coquilles se rencontrent, soit à la surface du sol, soit dans la couche superficielle de sable mobile, épaisse de 15 à 30^{cm} et qui recouvre le barco (argile grise, sans fossiles, épaisse de plusieurs mètres avec laquelle on construit les maisons de Tombouctou). Ces coquilles s'observent aussi en dehors de Tombouctou. J'en ai recueilli des quantités à 3^{km} au nord-est de la ville, dans le sable mobile superficiel. Ces pseudo-dunes se trouvent à environ 270^{m} d'altitude, et l'aspect de ces gisements rappelle celui des plages soulevées du littoral sénégalais, où l'on observe parfois à 15 ou 20^{m} d'altitude des coquilles de *Senilia senilis* en grande abondance. A Gao,

(1) Chudeau, *Sahara soudanais*, p. 222.

(2) Germain et A. Chevalier, *L'Afrique centrale française*, p. 462

sur le Niger, à 300km à l'est de Tombouctou et 260m d'altitude, des indigènes m'apportèrent aussi en mélange de Marginelles de *Columbella* et de *Cardium*, en me disant qu'on les avait recueillies autrefois dans le Sahara, à peu de distance de Gao. Enfin, à 100km environ dans le nord de Tombouctou, sur la route d'Araouan, au lieu dit Dayet el Narra, il existerait des quantités considérables de Marginelles et de *Cardium* (renseignement verbal de l'interprète Kalilou-Tandia).

De même, dans le Sahel, entre Nara et Némé, les Maures recueillent des Marginelles qu'ils apportent à Ségou, où l'on en faisait autrefois des colliers pour enfants (renseignement d'un indigène).

La mer quaternaire de Tombouctou communiquant avec l'Atlantique par la Mauritanie nous paraît donc avoir été une réalité. Elle a dû envoyer un golfe profond par Taoudenni jusqu'à Reggan (263m d'altitude et par 26°40′ lat. N.). On sait que la Sebka Mafergane, au sud-est de Reggan, qui n'en est distante que de 50-60km est à l'altitude de 132m seulement. J'ai trouvé à Reggan et à Taourirt des quantités abondantes de *Cardium* en place, mais pas de Marginelles. Enfin, il me paraît vraisemblable que la mer de Tombouctou-Gao se prolongeait vers le sud-est par un chenal et allait rejoindre le golfe de Guinée. Les salines du Dallol Fogha, à l'est de Gaya constitueraient les dernières traces de cette mer qui fut semée d'îles et d'archipels et sur l'emplacement de laquelle on retrouve dans le Sahara sud de nombreuses sebkas.

Il aurait donc existé, dans l'Ouest-Africain, une deuxième Méditerranée, reliée à l'Atlantique, non seulement par le golfe Mauritanien, mais aussi, au sud-est par un chenal ayant plus ou moins une certaine analogie avec la mer Rouge. C'est par ce chenal que les eaux du Niger et du Bani, qui débouchaient autrefois à la mer de Tombouctou par un vaste delta peuplé de Lamantins (animaux qui ont persisté dans le bief moyen), rejoignent aujourd'hui la mer.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les mouvements de l'air atmosphérique au-dessus de l'Indochine*. Note de M. **Henry Hubert**.

En utilisant des graphiques journaliers de sondages aérologiques effectués par le Service météorologique de l'Indochine au cours du dernier trimestre 1931, j'ai pu établir de nouveaux graphiques, reconstituant les mouvements de l'air atmosphérique pour la totalité de la période considérée,

soit pour chaque station, soit pour les stations réparties sur un même méridien.

Je me suis proposé en outre de traduire, par le dessin, l'ensemble des mouvements de l'atmosphère, à des moments donnés, pour la surface totale de la colonie et pour toutes les altitudes jusqu'à 10000 mètres. J'ai utilisé à cet effet des cartes à trois dimensions, pour lesquelles les filets d'air aux différentes altitudes sont représentés sur des plans transparents superposés. Il y a là un procédé nouveau, qui, appliqué à l'étude des mouvements de l'atmosphère, facilite largement les investigations ([1]).

Les sondages aérologiques de l'Indochine n'ayant pas été précédés d'observations directes faites en avion ou sur les sommets élevés, ou encore d'études systématiques sur la direction des nuages, il est malaisé de tirer des premiers documents graphiques établis des conclusions ayant la précision de celles formulées pour l'Afrique Occidentale ([2]). On peut toutefois considérer comme acquises les premières constatations suivantes :

1° Au même moment, sur une même verticale, et entre le sol et une altitude de l'ordre de 10000^{m}, les mouvements de l'air atmosphérique présentent deux ou plusieurs directions différentes.

2° Certaines différences de direction s'acquièrent progressivement et peuvent être considérées comme une simple rotation du vent avec l'altitude. Cependant, la plupart des différences observées sont brutales et traduisent des mouvements indépendants les uns des autres. Ces mouvements s'observent d'ordinaire pour des couches d'atmosphère développées en altitude souvent sur plusieurs milliers de mètres. On est fondé à considérer qu'au moins certaines de ces variations de direction sont accompagnées de variations brutales de température.

3° Ces couches d'atmosphère caractérisées par leur direction persistent, sans interruption, à certaines altitudes, pendant des périodes de plusieurs jours à une dizaine de jours et plus. En outre, si l'on ne tient pas compte des inévitables modifications de courte durée, on constate que ces couches gardent les mêmes caractères pendant un mois, parfois bien davantage. On a ainsi la preuve de l'extension de ces couches sur des surfaces considérables, au moins dans le sens de leur direction, et cela permet d'en faire

---

([1]) Ce procédé demande moins de soins à établir que le procédé de représentation des cartes donnant le relief stéréoscopique que j'ai signalé autrefois (*Comptes rendus*, **165**, 1917, p. 1059, et **176**, 1923, p. 827).

([2]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 902.

des courants aériens comparables à ceux observés en Afrique Occidentale. Toutefois, la régularité et la constance de ces courants sont beaucoup moins marquées en Indochine que dans l'Ouest africain.

4° De même encore que dans ce dernier pays, la limite commune de deux courants aériens superposés varie rapidement d'altitude en Indochine d'un jour à l'autre, mais ces variations sont ici d'une amplitude beaucoup plus grande. C'est ainsi qu'on peut enregistrer des montées ou des descentes de cette limite atteignant jusqu'à 5000^{m} pour une période de moins d'un jour.

5° Lorsqu'il y a plus de deux courants superposés, les variations d'altitude des différentes limites communes à deux courants contigus sont indépendantes l'une de l'autre pour chacune de ces limites.

6° Lorsqu'il existe à la même altitude deux courants différents, il est fréquent qu'à leur limite commune l'un deux passe au-dessus de l'autre pour continuer sa course. Lorsqu'il y a impossibilité de passage, on ne sait pas encore ce qui se produit, mais on a la ressource d'envisager des hypothèses correspondant aux observations faites au sol ou à des déviations en altitude.

7° La répartition des courants aériens accuse un régime très différent au nord et au sud de la colonie, en harmonie avec ce qu'on sait déjà du climat.

8° Il a été permis de constater également que les différences d'allure et d'extension des courants aériens correspondaient à des différences dans la répartition des nuages, de la pluie, de la température au voisinage du sol, etc., en d'autres termes du temps.

9° Enfin, dans l'intérieur de ces courants superposés, on peut observer soit des mouvements verticaux, soit des variations éphémères du vent.

BOTANIQUE. — *De l'action à distance des métaux sur les bactéries et les levures.* Note de MM. **G. A. Nadson** et **C. A. Stern**, présentée par M. Molliard.

Nous avons démontré (*C. R. Acad. Sc. de l'U. R. S. S.*, 1931) qu'en combinant l'action exercée sur les microbes par les rayons X avec l'action oligodynamique des métaux, nous obtenions un effet germicide plus fort que celui produit par chacun de ces facteurs agissant isolément. Dans ces expériences, des suspensions dans l'eau de bactéries ou de

levures étaient placées dans de petites coupes métalliques en aluminium, en cuivre, en argent, en platine et en plomb, et l'action oligodynamique de ces métaux était étudiée avant, après et en même temps que l'action des rayons X. Dans les conditions de nos expériences, les métaux se rangeaient, selon le degré de leur action germicide, dans l'ordre décroissant suivant :

$$Pb > Pt > Cu > Ag > Al$$

c'est-à-dire que les métaux se rangent selon l'ordre décroissant de leurs nombres atomiques, et seul le cuivre, grâce à sa toxicité plus grande, a pris dans cette rangée la place de l'argent.

La présente Note est un communiqué préliminaire concernant nos expériences sur l'influence des métaux à distance, c'est-à-dire sans contact direct avec les cultures de microorganismes.

L'arrangement de ces expériences était le suivant.

Une suspension dans l'eau de microbes provenant de cultures pures de 24 heures était ensemencée régulièrement dans des boîtes de Petri garnies de gélose nutritive. Nous nous servions des microorganismes suivants en vue de leur sensibilité particulière : *Bacterium prodigiosum*, *Bacterium ponticum* Egor. (Bactérie lumineuse de la mer Noire) et levures *S. cerevisiæ* race de Berlin NXII.

A l'intérieur du couvercle de la boîte de Petri, au centre, était fixée une plaque métallique ronde ou quadrangulaire (5×1^{cm}) en aluminium, en cuivre ou en plomb de 1^{mm} d'épaisseur, et ce de façon que le métal ne fût nulle part en contact direct avec la culture, mais qu'il fût séparé de celle-ci par une couche d'air. Dans nos expériences le métal se trouvait à une distance de 1 à 2^{mm} de la culture; lorsque cette distance augmentait, l'influence du métal s'affaiblissait rapidement, à une distance de 5^{mm} cette influence se faisait à peine sentir et disparaissait bientôt entièrement.

Il y eut aussi un autre arrangement des essais : les plaques de métal étaient placées sur de petits supports en verre de 1^{mm} d'épaisseur posés sur la gélose nutritive de sorte que la distance entre le métal et la culture était également de 1^{mm}. Les deux dispositions des essais donnèrent des résultats absolument analogues.

Immédiatement avant chaque essai, les métaux étaient soigneusement lavés, nettoyés avec du papier d'émeri et stérilisés ensuite, dans la boîte de Petri même, à l'étuve pendant une heure à 160°.

Après l'ensemencement, les boîtes étant retournées, le couvercle portant le métal en bas (de sorte que la culture se trouvait au-dessus du métal) et étaient placées ainsi dans le thermostat à une température de 21-22°. L'expérience se faisait dans l'obscurité.

La numération des colonies développées était effectuée le 4e ou le 5e jour dans chaque série d'essais à la même heure. Durant les jours qui suivaient l'éloignement du métal nous n'observions pas d'augmentation du nombre des colonies dans le champ d'action de ce métal. On comptait le nombre des colonies développées immédiatement au-dessus de la plaque de métal de même qu'à différentes distances de celle-ci. Après une influence du métal de 4-5 jours, on s'aperçoit, en cas d'emploi du cuivre et surtout du plomb, que dans la partie de la culture disposée vis-à-vis du métal, le nombre des colonies développées et leurs dimensions sont moindres que dans les parties voisines et, surtout, moindres que chez le témoin (boîte de Petri sans métal). Le résultat des expériences apparaît avec une netteté encore plus grande lorsque l'on compare le nombre des colonies, développées sur 1^{cm^2} vis-à-vis du métal et dans les autres parties de la même culture ainsi que chez le témoin.

Il y eut en tout 37 séries d'expériences, qui donnèrent des résultats concordants.

Les trois métaux, en agissant à distance, retardent le développement des microorganismes (bactéries et levures), mais à un degré différent : l'aluminium est celui dont l'influence est la plus faible, celle du plomb est la plus forte, le cuivre se place entre les deux. Nous avons donc l'ordre suivant :

$$Pb(82) > Cu(29) > Al(13).$$

En d'autres termes, l'intensité de l'influence dépressive et germicide des métaux est d'autant plus grande que le poids atomique du métal est plus élevé.

Cet ordre est analogue à celui selon lequel les métaux retardent la fonction photogénique des bactéries lumineuses.

Ainsi que nous l'avons dit, l'action à distance des plaques métalliques se fait également sentir dans la circonférence de celles-ci ; et plus le poids est élevé, plus l'espace sur lequel cette influence se répand est large.

Voici les données concernant le nombre de colonies de *B. prodigiosum* par centimètre carré :

	I.	II.	III.
Al (13)......................	28,0	29,7	29,2
Cu (29)......................	21,7	29,7	28,6
Pb (82)......................	13,9	24,0	27,3

I. Vis-à-vis du métal.
II. Sur un espace de 1cm de largeur à côté du métal.
III. Sur un espace de 1mm de largeur à une distance de 1cm du métal.

Le témoin dans la même direction : 31,4; 30,4; 29,4.

Nous continuons nos expériences et nous nous abstenons, pour le moment, d'expliquer le mécanisme de l'action ci-dessus exercée par les métaux à distance sur les êtres vivants.

CRYPTOGAMIE. — *Observations et remarques sur les Lichens.* Note de M. **A. de Puymaly**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Les auteurs qui jusqu'à présent se sont occupés de la distribution des Lichens ont envisagé cette question comme si les Lichens étaient des êtres simples, ayant des exigences vitales propres, bien différentes de celles qui appartiennent à l'Algue et au Champignon qui entrent dans leur constitution. Ils ne se sont pas demandé quelle est la part qui revient à chacun des deux constituants dans le choix de la station et dans celui du substratum, en particulier : est-ce l'Algue qui intervient ou le Champignon ou les deux à la fois? Le travail que j'ai consacré aux Algues aériennes (1) devait naturellement me conduire à aborder ce sujet.

Mes observations, encore peu nombreuses, sont cependant suffisantes pour me permettre d'exprimer dès maintenant quelques idées qui se dégagent de ces premières recherches. D'une façon générale, le Champignon joue un rôle très effacé, presque nul dans le choix de la station et dans celui du substratum en particulier, choix qui paraît être presque entièrement sous la dépendance de l'Algue. Autrement dit, si un Lichen est corticole, c'est qu'il renferme une Algue qui, à l'état libre, est elle-même corticole; si un Lichen est terricole ou muscicole, il le doit à son Algue qui, à l'état de vie indépendante, habite également sur la terre ou sur les coussinets des Mousses. Quant au Champignon, il ne recherche

(1) A. de Puymaly, *Recherches sur les Algues vertes aériennes* (*Thèse de Doctorat* de la Faculté des Sciences de Paris, 274 pages, 7 planches, Paris, 1925).

pas telle ou telle station, mais plutôt telle ou telle espèce d'Algue, qui lui permettra de se nourrir, de se développer et de fructifier.

Cette notion éclaire d'un jour nouveau l'écologie des Lichens. Elle rend compte de la distribution géographique des Lichens épiphylles, qui concorde sensiblement avec celle des Trentepohliacées prenant part à leur constitution, fait déjà noté par plusieurs auteurs. Elle explique, en outre, pourquoi dans certains cas, relativement assez fréquents, le Lichen et l'Algue qui entre dans sa composition coexistent tous deux côte à côte dans la même station, où ils mènent chacun une vie complètement indépendante. Un des exemples les plus frappants à ce point de vue est celui des Lichens hypophlœdiques, qui se trouvent à l'intérieur de l'écorce de certains arbres et dont la plupart ont pour gonidies des *Trentepohlia*, qui à l'état de liberté vivent normalement dans l'épaisseur de ces écorces. Mais ce n'est pas tout. Cette notion nouvelle permettra, je le crois, d'élucider bien d'autres problèmes écologiques : elle nous indiquera probablement comment on doit interpréter la rareté de quelques Lichens et l'ubiquité de beaucoup d'autres, pourquoi certaines espèces habitent de préférence ou uniquement les régions élevées des montagnes, tandis que d'autres sont exclusivement cantonnées sur le bord immédiat de la mer, etc. Elle apporte également quelques éclaircissements sur la véritable nature des associations algo-fongiques qui constituent les Lichens et sur lesquelles on a émis les théories les plus diverses.

En effet, si l'Algue, à l'état de gonidie, recherche les mêmes supports que ceux qu'elle occupe à l'état de vie indépendante, on est bien obligé d'admettre que, même au sein de l'association algo-fongique, elle continue à emprunter au substratum les éléments nécessaires à sa nutrition et que l'union qu'elle contracte avec le Champignon ne modifie pas sensiblement son mode de vie habituel. C'est d'ailleurs la conclusion à laquelle était déjà arrivé Treboux (1), il y a une vingtaine d'années, en s'adressant à une méthode toute différente, qui consistait à cultiver comparativement, dans des milieux nutritifs artificiels, la gonidie du *Xanthoria parietina* et l'Algue semblable qui vit en liberté sur les écorces des arbres.

En somme, si le Champignon donne au thalle du Lichen son aspect et sa constitution morphologiques, l'Algue semble bien en régler l'écologie et en assurer la nutrition.

---

(1) O. TREBOUX, *Die freilebende Alge und die Gonidie* Cystococcus humicola *in Bezug auf die Flechtensymbiose* (*Berichte d. deutsch. bot. Gesellschaft*, 30, 1912, p. 69-80).

De telles considérations cadrent mal avec la théorie un peu simpliste de la symbiose lichénique. Je me borne pour le moment à les énoncer, me proposant de les développer dans une publication ultérieure et d'apporter, à l'appui, des observations précises et détaillées.

PHYSIOLOGIE. — *Automatisme cardiaque et métabolites chez les Mollusques* (Murex trunculus). Note [1] de MM. **A. Jullien** et **G. Morin**, présentée par M. F. Mesnil.

Divers auteurs ont montré que, chez les Vertébrés, certaines substances résultant du fonctionnement cardiaque (métabolites) sont capables de favoriser l'activité rythmique contractile de cœurs témoins. Des expériences effectuées à la Station de Biologie maritime de Tamaris-sur-Mer nous ont conduits à des conclusions identiques dans le cas du Mollusque Prosobranche marin *Murex trunculus*.

Si l'on fait battre une quantité importante de cœurs isolés et non tendus dans une petite quantité d'eau de mer, celle-ci acquiert des propriétés nouvelles :

1° Elle renforce l'amplitude des contractions de cœurs témoins excisés non tendus et en mouvement (effet inotrope positif).

2° Elle accélère dans de fortes proportions (quatre fois en moyenne) le rythme des pulsations de cœurs témoins pulsants. Cette accélération par son intensité et sa persistance est très différente de l'accélération minime et de très courte durée que l'on peut obtenir par excitation mécanique en transportant un cœur témoin d'un récipient dans un autre récipient contenant, comme le premier, de l'eau de mer ordinaire.

Cet effet chronotrope, positif, comme l'effet inotrope, est facile à mettre en évidence et s'obtient avec un liquide suffisamment actif dans 100 pour 100 des cas.

3° Elle se montre capable, dans un certain nombre de cas, de déclancher les contractions rythmiques de cœurs excisés témoins jusque-là inactifs. Cette dernière propriété est moins facile à mettre en évidence que les précédentes. Le pourcentage des résultats positifs varie fortement suivant les séries d'expériences; tantôt il dépasse 80 pour 100, tantôt il s'abaisse au dessous de 20 pour 100. Ces variations semblent déterminées surtout par

---

(1) Séance du 25 avril 1932.

l'état de vigueur des animaux dont proviennent les cœurs témoins et par la longueur du temps écoulé depuis leur prélèvement.

L'acquisition de ces diverses propriétés par le liquide où les cœurs ont battu paraît bien résulter de l'enrichissement de ce liquide en certaines substances élaborées et libérées pendant le travail du cœur. Jusqu'à une certaine limite, ces propriétés sont d'autant plus accentuées que les contractions cardiaques effectuées au sein du liquide ont été plus nombreuses. Elles ne se retrouvent pas lorsqu'on essaie de la même façon, sur des cœurs témoins excisés non tendus, pulsants ou non, de l'eau de mer où des cœurs nombreux ont séjourné longtemps mais sans se contracter.

Ces diverses observations convergent pour confirmer l'hypothèse que des substances résultant du fonctionnement même du cœur, donc des métabolites, sont capables à un haut degré de favoriser l'automatisme cardiaque.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La réaction de Jolles* (indican) *appliquée au lait.* Note de M. C. **Hervieux**, présentée par M. Leclainche.

En 1913, Jolles [1] publiait un procédé très sensible pour la recherche de l'indoxyle dans l'urine. Il était basé sur l'oxydation simultanée du thymol et de l'indoxyle par le réactif d'Obermayer. Cette réaction fut appliquée par la suite au sang, ainsi qu'à diverses humeurs de l'organisme.

De mon côté, j'ai essayé de l'appliquer aux différents laits [2]. MM. Porcher et Tapernoux [3] critiquent la technique de détection de l'indoxyle au moyen du thymol et affirment que les colorations violacées que j'ai observées « proviennent de l'attaque du thymol en milieu chlorhydrique par le perchlorure de fer ». Je ne suis pas de cet avis.

Déjà Jolles [4], en 1915, indiquait qu'en présence du thymol seul il ne se produisait aucune coloration et que celle-ci se formait seulement par l'oxydation simultanée de l'indoxyle et du thymol.

De mon côté, je n'ai jamais pu observer de coloration du chloroforme en utilisant le thymol *seul* en présence du réactif d'Obermayer. Mes essais ont

(1) *Zeitsch. f. physiol. Chem.*, 87, 1913, p. 310.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1480.

(3) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 418.

(4) *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, 94, 1915, p. 79.

porté sur des échantillons de thymol pur; l'un Raoul-Neveu (58.638), l'autre Kahlbaum (I. C. T.).

Par contre, un thymol ancien, d'origine inconnue, m'a fourni un chloroforme fortement coloré en rouge brun; résultat qui est conforme à celui obtenu par MM. Porcher et Tapernoux. Mais il s'agit d'un thymol impur et la réaction observée par MM. Porcher et Tapernoux tient vraisemblablement à l'impureté du thymol employé.

On peut répéter mes expériences en s'adressant à un lait traité par le procédé que j'utilisais au début de mes recherches et qui consiste, après acidification puis ébullition, à déféquer par l'acétate basique de plomb. Le liquide soumis à la réaction de Jolles donne après plusieurs heures, parfois le lendemain, un chloroforme coloré en mauve.

Je dois ajouter que j'ai constaté que le lactose purifié donne, avec l'acide chlorhydrique ferrique, des produits de décomposition susceptibles d'engendrer, en présence du thymol, des corps donnant au chloroforme des tons légèrement rosés. Du fait de la production de ces derniers, la réaction de Jolles, malgré sa sensibilité, perd de sa rigueur lorsqu'elle est appliquée au lait.

Cela suffirait pour ne pas en recommander l'emploi dans la recherche de l'indoxyle, à moins de la modifier après enquête sur de nouveaux faits.

BIOLOGIE. — *La phase pélagique des Amphipodes benthiques littoraux.* Note de M. **Louis Fage**, présentée par M. Ch. Gravier.

Dans une série de pêches exécutées à tous les mois de l'année, avec un simple haveneau, manié la nuit, à la surface de la mer, autour d'un foyer lumineux, nous avons réussi à capturer, soit à Banyuls, soit à Concarneau, plus de cinquante espèces benthiques littorales appartenant à seize familles différentes de Gammariens. S'il en est, parmi ces espèces, quelques-unes dont la présence, dans les conditions de temps et de lieu que nous avons choisies, puisse être considérée comme accidentelle, la plupart ont été prises avec une fréquence et une abondance telles que ces captures nous placent d'emblée devant un phénomène nouveau : la montée nocturne, régulière, vers la surface, d'une ampleur insoupçonnée, de toute une série de formes littorales vivant habituellement sur le fond.

A vrai dire, ce phénomène n'est nouveau qu'en raison de sa généralité et

du fait qu'il apparaît comme normal dans le cycle biologique de ces espèces. Certaines d'entre elles avaient bien été déjà rencontrées dans le plancton par plusieurs observateurs, mais sporadiquement, au hasard de pêches pélagiques exécutées sans suite, et sans qu'il s'en dégage la notion de régularité qui donne à ce phénomène toute son importance. Car il faut admettre, désormais, que chez les *Haustoridæ*, les *Phoxocephalidæ*, les *Oedicerosidæ*, les *Calliopiidæ*, les *Atylidæ*, les *Dexaminidæ* — pour ne citer que les familles les plus caractéristiques à ce point de vue — la majorité des espèces de nos côtes sont soumises à un rythme nycthéméral qui les fait pélagiques de surface la nuit et qui est, lui-même, sous la dépendance d'un rythme physiologique saisonnier.

A Concarneau, par exemple, l'ascension nocturne des *Urothæ* ne se produit ou ne devient régulière qu'en hiver ou au printemps, suivant les espèces; le *Metaphoxus Fultoni*, le *Perioculodes longimanus*, le *Guernea coalita* se montrent par milliers, dans les mêmes conditions, de mai à septembre; les *Nototropis guttatus* et *Schwammerdami*, le *Tritæta gibbosa* gagnent en troupe la surface pendant l'automne et l'hiver. Les essaims, très denses, de toutes ces espèces, qui se forment sous le feu du projecteur, sont composés ou bien exclusivement de mâles adultes ou d'un mélange d'adultes des deux sexes dans lequel les femelles sont en nombre infime. Mais, dans la zone non éclairée, les captures beaucoup plus pauvres en individus attestent que ceux-ci, même durant les périodes les plus favorables, se répandent en surface en ordre quelque peu dispersé et que la lumière a pour effet de grouper et de retenir ceux qui passent dans son champ d'action ; et c'est ainsi que les mâles, prédominant dans le plancton, sont attirés en foule autour du foyer lumineux. Seules les espèces qui, comme l'*Apherusa bispinosa*, ne forment point d'essaims dans le plancton et ne nous ont donné qu'un petit nombre d'individus dont l'ascension se fait sans aucune régularité montrent, en zone obscure ou éclairée, une certaine égalité des deux sexes. Pour les autres, il faut admettre que les femelles ne participent qu'en très petit nombre à l'exode en surface. Si l'on considère que les mâles ont des yeux beaucoup plus développés que les femelles, que leur groupement presque exclusif autour du foyer lumineux montre leur sensibilité particulière à la lumière, on doit admettre que leur migration verticale journalière débutant au coucher du soleil n'est qu'une simple réaction aux conditions d'éclairement, qui explique la rareté des femelles en surface.

Mais il est remarquable que les quelques femelles qui se mélangent par-

fois aux mâles adultes sont elles-mêmes en pleine période de reproduction. Nous les prenons, en effet, alors que leurs oostégites sont déjà pourvus des soies sexuelles, ou bien, le plus souvent, alors qu'elles portent leurs œufs récemment pondus dans la poche incubatrice. Or, comme leur présence dans le plancton coïncide avec les périodes d'abondance des mâles en surface, nous ne pouvons nous refuser à voir entre la périodicité de ces essaimages et celle de l'activité sexuelle des reproducteurs une étroite relation. Et nous sommes ainsi amenés à penser que si les variations journalières d'éclairement peuvent se traduire normalement chez les mâles de ces espèces par une activité motrice orientée la nuit vers la surface, la crise génitale exalte la sensibilité des reproducteurs et détermine leur exode en masse, auquel les femelles peuvent alors participer dans la mesure où elles ont été ainsi sensibilisées.

BACTÉRIOLOGIE. — *Observations sur la vie de* B. caryocyaneus *Beijerinck-Dupaix en milieu lithiné.* Note [1] de MM. **Ph. Lasseur**, **P. Vernier**, **A. Dupaix** et **J. Marchal**, présentée par M. H. Vincent.

Nous résumons dans cette Note les principales particularités de la vie de *B. caryocyaneus* cultivé en milieu lithiné.

1° *Modifications morphologiques.* — Sur gélose peptone ou gélose bouillon, *B. caryocyaneus* se présente sous forme de bâtonnets isolés ou réunis par deux. La longueur des plastides oscille en général entre $0^{\mu},8$ et $3^{\mu},6$. L'addition de chlorure de lithium à la gélose nutritive détermine l'apparition de formes géantes et la production d'une belle capsule autour de chaque plastide. La capsule, très visible à l'examen microscopique, se montre nettement délimitée par une ligne fine lorsqu'on utilise l'ultramicroscope avec équipage de quartz. Nous retrouvons là des faits analogues à ceux signalés par Gamaléia (1894) et Lasseur (1911).

En dehors de ces modifications morphologiques, on observe un fait assez curieux : c'est la présence de filaments constitués par 10 à 15 plastides dont la plastide médiane mesure de 5^{μ} à 6^{μ} de long, les autres éléments ne dépassant pas $1^{\mu},5$ de long.

La règle de balancement entre l'énergie de division et l'énergie de crois-

(1) Séance du 25 avril 1932.

sance invoquée par certains auteurs est incapable d'expliquer les faits ci-dessus.

Dans ces essais, la variation de forme ne saurait être attribuée à une impureté, puisqu'il s'agit d'une file de plastides incluses dans une même gaine. De plus, les cultures qui ont servi à nos expériences proviennent d'une *plastide unique* isolée à l'aide de la technique spéciale que nous avons décrite en 1930 et 1931.

2° *Stabilité des suspensions.* — Les suspensions étudiées ont été préparées à l'aide de corps microbiens lavés trois fois à l'eau bidistillée.

Dans le tableau ci-dessous, nous indiquons l'ordre de grandeur de la vitesse de transport et de la tension superficielle des deux catégories de suspensions.

	Corps bactériens (en suspension dans l'eau bidistillée) provenant de cultures sur :	
Paramètres étudiés.	Gélose lithinée.	Gélose ordinaire.
Vitesse de transport en cm/seconde	$3,12.10^{-4}$	$3,24.10^{-4}$
Tension superficielle en dyne/cm à 22°C	73,2	76,2
Dilution limite d'agglutination par le sérum homologue	1/8000	1/80000

Les corps bactériens provenant de gélose lithinée précipitent plus facilement par les ions H_{+} et Al_{+++} que les plastides cultivées sur gélose ordinaire. Inversement les suspensions réalisées avec les corps bactériens provenant de gélose ordinaire sont beaucoup plus sensibles à l'action du sérum agglutinant que les corps bactériens capsulés.

Cette dernière observation montre que les différents paramètres n'interviennent pas toujours de la même façon dans la précipitation des plastides par les ions à charge positive et dans leur agglutination par les sérums homologues.

3° *Perméabilité de la membrane.* — Afin de mettre en évidence la variation de perméabilité de la membrane des corps microbiens cultivés respectivement sur gélose ordinaire et gélose lithinée, nous avons déterminé la conductibilité [1] de diverses suspensions bactériennes. Celles-ci étaient constituées par des plastides préalablement lavées à l'eau bidistillée et

[1] Les mesures ont été effectuées à l'aide du dispositif classique. Mais, à la lecture au téléphone, nous avons substitué la lecture au haut parleur en utilisant un amplificateur basse fréquence 4 lampes.

remises en suspension ultérieurement dans de l'eau distillée ou diverses solutions d'électrolytes.

Quelques-uns des résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

N° des systèmes.	Germes provenant de cultures sur gélose.	Nature des liquides dispersifs.	Conductibilités spécifiques à 25° C., après les temps : 0	5 heures.
1.....	ordinaire	Eau bidistillée	$14,1.10^{-6}$	$15,0.10^{-6}$
2.....	lithinée	Eau bidistillée	$12,6.10^{-6}$	$17,2.10^{-6}$
3.....	ordinaire	Solution de chlorure de calcium à 0,2 pour 100	$1856,6.10^{-6}$	$2046,3.10^{-6}$
4.....	lithinée		$1858,0.10^{-6}$	$2005,0.10^{-6}$
5.....	ordinaire	Solution de chlorure de calcium à 0,2 pour 1000	$232,1.10^{-6}$	$251,6.10^{-6}$
6.....	lithinée		$217,7.10^{-6}$	$237,9.10^{-6}$
7.....	ordinaire	Solution de sulfate d'alumine à 0,1 pour 100	$534,6.10^{-6}$	$594,3.10^{-6}$
8.....	lithinée		$530,2.10^{-6}$	$587,1.10^{-6}$
9.....	ordinaire	Solution de sulfate d'alumine à 0,1 pour 1000	$107,5.10^{-6}$	$119,8.10^{-6}$
10.....	lithinée		$103,3.10^{-6}$	$111,9.10^{-6}$

Lorsque l'on transporte des plastides provenant d'une jeune culture dans de l'eau bidistillée, il faut s'attendre à ce qu'il diffuse de la plastide, une certaine quantité d'électrolytes. Les nombres observés dans ces conditions d'expérience sont relativement voisins les uns des autres et étant donnée la précision des mesures pour des résistances de l'ordre de 20000 à 100000 ohms, il faut être très prudent dans l'interprétation des résultats.

Sous ces réserves nous constatons que, dans l'eau bidistillée, une plastide entourée d'une capsule laisse diffuser beaucoup plus facilement des substances ionisables que les éléments dépourvus de capsule. On observe un phénomène analogue lorsque les corps microbiens sont mis en suspension dans l'eau additionnée de chlorure de calcium à 0,2 pour 1000; dans tous les autres cas, les germes cultivés sur gélose lithinée laissent moins diffuser de substances ionisables que les éléments bactériens provenant de cultures sur gélose ordinaire.

En résumé : la culture de *B. caryocyaneus* sur gélose lithinée provoque des modifications morphologiques, des variations de perméabilité de la membrane et du pouvoir fixateur des plastides.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Vaccination de l'homme contre la fièvre jaune.* Note de MM. **A. W. Sellards** et **J. Laigret**, présentée par M. Charles Nicolle..

Les travaux de Max Theiler ont montré que la souris est sensible au virus de la fièvre jaune (souche « française »). Lorsqu'il lui est inoculé par voie cérébrale ce virus provoque, chez elle, sauf exceptions très rares, une infection mortelle. La maladie est indéfiniment transmissible de souris à souris. Les sérums d'hommes ou de singes, guéris de fièvre jaune, protègent, en mélange, la souris contre l'inoculation intracérébrale.

Theiler a constaté en outre que le virus après un certain nombre de passages par la souris, a perdu sa virulence pour le singe, mais qu'il lui donne l'immunité. Cette affirmation a été contestée, tout au moins en partie, par Dinger.

La virulence du virus-souris pour l'homme était seulement connue, jusqu'à ces derniers temps, par l'étude des contaminations accidentelles de laboratoire. Elle avait été faite, sur trois cas, par Berry et Kitchen. Dans ces trois cas, l'infection s'était traduite par une maladie bénigne. Le sang des malades, inoculé à des singes sensibles, avait déterminé tantôt une infection légère, tantôt une maladie inapparente, toujours suivies d'immunité. Le sérum des malades guéris protégeait les singes contre des inoculations, mortelles pour d'autres singes témoins.

Nous avons cherché à utiliser le virus-souris pour la vaccination de l'homme contre la fièvre jaune. Sawyer, Kitchen et Wray Lloyd avaient abordé le même problème par une voie différente : celle de la séro-vaccination. Mélangé à un immun-sérum, le virus-souris ne détermine, chez l'homme, que des réactions insignifiantes et il donne l'immunité. Cette immunité peut être facilement mise en évidence par le pouvoir protecteur du sérum vis-à-vis de la souris (épreuve intrapéritonéale de Sawyer et Lloyd) et vis-à-vis des singes. Dans la pratique, il serait malheureusement très difficile de constituer des réserves d'immun-sérum suffisantes pour vacciner toute la population des régions où la fièvre jaune est endémique.

Nous avons utilisé, pour nos essais sur l'homme, tout d'abord, un virus-souris tué (par le chloroforme), et nous avons constaté que ce virus mort ne vaccine pas. L'apparition des anticorps dans le sérum ne se manifeste, en effet, qu'après inoculation de virus vivant. Il suffit, d'ailleurs, de très petites quantités de ce virus vivant pour les faire apparaître ainsi qu'en témoignent les résultats que nous rapportons ci-après.

Nous avons inoculé des émulsions, d'abord extrêmement faibles, puis plus concentrées, de virus vivant (cerveaux de souris infectées) à cinq sujets atteints d'affections nerveuses chroniques, justiciables d'un traitement pyrétothérapique.

Le virus, au début de nos essais, avait subi 134 passages par souris.

La technique employée a été la suivante :

Des souris, inoculées dans le cerveau, étaient sacrifiées mourantes, entre le sixième et le dixième jour de l'inoculation. Les cerveaux, prélevés, étaient utilisés soit immédiatement, soit après congélation et conservation au frigorifique. Au moment de l'emploi, les cerveaux sont broyés et émulsionnés dans de l'eau physiologique, additionnée de 10 pour 100 de sérum de lapin (4^{cm^3},5 par cerveau). Cette émulsion mère (correspondant à une dilution au 1/10e) est centrifugée pendant 3 à 4 minutes. Le liquide surnageant est dilué à son tour. Une goutte de la dilution à 1/10000e tue régulièrement la souris inoculée par voie intracérébrale.

Avant tout traitement, le sang des sujets à vacciner a été éprouvé au point de vue du pouvoir protecteur. Nous avons toujours constaté l'absence de ce pouvoir chez les sujets neufs. Vaccinés, nos sujets ont été suivis au point de vue température, pouls et albuminurie. Des prélèvements de sang, effectués une semaine après chaque inoculation, ont permis de mettre en évidence l'apparition dans le sérum des substances protectrices.

En opérant dans ces conditions, nous avons pu constater que :

1° 1^{cm^3} d'une émulsion centrifugée de cerveau de souris, diluée à 1/10000e, ne provoque, chez l'homme, aucune réaction (voie sous-cutanée). Cette même dose détermine régulièrement l'apparition du pouvoir protecteur du sérum pour la souris.

2° 1^{cm^3} d'une émulsion à 1/1000e est également supporté sans réaction.

3° 1^{cm^3} de l'émulsion à 1/100e, injecté d'emblée, a produit, chez un sujet, une très légère ascension thermique à 38°, au 6e-7e jour. Il y a eu bradycardie et présence de traces d'albumine dans les urines. Ces divers symptômes n'ont été décelés que par un examen systématique, le sujet n'accusant, de lui-même, aucun trouble.

4° La même émulsion à 1/100e est parfaitement supportée, sans qu'on puisse déceler le moindre trouble, si son inoculation a été précédée d'une première injection à 1/10000e ou 1/1000e. Nous avons pu ainsi, en injectant à 15 jours d'intervalle des doses croissantes, inoculer, sans aucune réaction, en une seule fois 3^{cm^3} d'une émulsion au 1/10e non centrifugée, ce qui correspond à plus de la moitié d'un cerveau de souris, donc approximativement à 3000 doses minima immunisantes.

5° Le pouvoir protecteur du sérum a été manifeste du 7e au 34e jour

après la vaccination. Il est probable qu'il dure beaucoup plus longtemps; mais nos recherches ne sont pas encore assez avancées pour nous permettre de l'affirmer.

Les sérums des individus, vaccinés par nous, vont être éprouvés sur les singes et les résultats de cette épreuve seront publiés ultérieurement.

Dès maintenant, il nous est permis de conclure que :

1° Le virus-souris, dilué dans les proportions que nous avons indiquées, détermine chez l'homme une infection amarilique inapparente;

2° Cette infection inapparente est suivie d'immunité, ou, tout au moins, de l'apparition rapide d'anticorps, capables de protéger la souris contre une inoculation mortelle.

Ces conclusions semblent bien indiquer que la vaccination de l'homme contre la fièvre jaune est réalisable. Elle serait réalisée, actuellement au mieux, avec deux injections successives du virus-souris : la première représentant 1^{cm^3} d'une dilution de cerveau de souris à $1/10000^e$, la seconde 1^{cm^3} d'une dilution à $1/100^e$. Dans les conditions où nous avons opéré, ces doses ont été parfaitement supportées. Nous pensons que les résultats que nous rapportons pourraient servir de base à des essais de vaccination de la population dans les régions où la fièvre jaune reste menaçante.

A $15^h 40^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 5^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 7 décembre 1931.)

Note de M. *B. N. Prasad*, Sur la convergence de la série conjuguée d'une série de Fourier :

Page 1160, ligne 21, *au lieu de* $\psi(t)$, *lire* $\Psi(t)$; ligne 22 dans la seconde intégrale *au lieu de* $\Psi(t)$, *lire* $\psi(t)$.

Page 1161, ligne 4 dans la première intégrale, *au lieu de* $\psi(t)$, *lire* $\Psi(t)$; ligne 16, *au lieu de* O, *lire* o; dernière ligne dans le dernier crochet, *au lieu de* $\frac{2}{nt^2}$, *lire* $\frac{2}{nt^3}$.

(Séance du 28 décembre 1931.)

Note de M. *B. N. Prasad*, Sur la sommabilité de la série conjuguée d'une série de Fourier :

Page 1386, ligne 23, *au lieu de* $\sin^2\frac{nt}{2}$, *lire* $\sin^2\frac{t}{2}$.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 MAI 1932.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Un attentat odieux a versé, non seulement en France, mais dans tout le monde civilisé, la consternation et le deuil. M. **Paul Doumer**, le Président de la République, ce grand citoyen dont les quatre enfants avaient été tués pour la défense de la patrie et qui avait donné l'exemple de toutes les vertus publiques et privées, a été frappé par un misérable. La justice découvrira les sinistres personnages qui ont armé sa main meurtrière. Nous, ici, nous avons le devoir de présenter à Mme Doumer l'hommage de toute notre douloureuse et respectueuse sympathie.

La séance sera levée en signe de deuil aussitôt après le vote inscrit à l'ordre du jour pour l'élection d'un Correspondant.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 17 au lieu du lundi 16 mai.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Importance de la mosaïque de la Canne au point de vue de la dégénérescence*. Note de M. **J. Costantin**.

L'histoire américaine récente (1915-1932) de la mosaïque de la Canne à sucre est très importante par suite des conséquences qu'on peut en tirer au point de vue des maladies de la dégénérescence.

Découverte pour la première fois à Java, en 1890, la mosaïque s'est répandue avec une promptitude extraordinaire dans toutes les régions de culture de l'Amérique.

La première apparition de cette maladie a eu lieu dans le Nouveau-Monde seulement vers 1915, en Argentine; en 1919, à Porto-Rico, Louisiane, Saint-Kitts; en 1920, à La Jamaïque, Barbade, Trinité, Sainte-Lucie, Cuba; en 1926, en Guyane britannique; en 1928 seulement, au Pérou.

La propagation du mal a donc été très rapide, surtout de 1915 à 1920.

Partout la maladie s'est révélée intense, notamment en Louisiane : de 250000 tonnes (1913), la récolte est tombée à 42000 tonnes (1926). A Porto-Rico, en une année, les dégâts ont été évalués à 10 millions de dollars. La maladie est donc très grave, c'est le plus grand ennemi de la Canne en Amérique.

Lutte contre l'invasion. — On a lutté partout d'abord par des mesures législatives. Dès le début, pour arrêter l'extension du virus, on a arraché tous les pieds contaminés afin de les détruire (opération désignée en colonies anglaises par le mot roguing) et de les remplacer par des plants sains.

Bien que, commencé à chaque culture de bonne heure et répété jusqu'a trois fois à 10 jours d'intervalle, ce premier contrôle a été jugé inefficace, malgré quelques succès partiels.

Pour que la plantation de ces pieds jugés sains donne des résultats, il faut qu'ils puissent résister à l'invasion. *Le caractère sain ne suffit donc pas, il faut y ajouter une immunité au moins partielle.* C'est là une donnée importante entrevue à la Jamaïque en 1924.

La grande difficulté, dans ce pays, était d'avoir des types restant indemnes, car toutes les variétés cultivées étaient sensibles à la maladie; on a cependant trouvé une solution pratique provisoire de cette question agricole.

En Europe et en Amérique du Nord, pour la Pomme de terre, on s'est trouvé en face d'un problème semblable. On a surtout cherché à se procurer des tubercules sains, et l'on a eu l'illusion de croire l'obstacle surmonté, mais on se désintéressait peut-être un peu trop de la résistance.

Voici la technique curieuse imaginée primitivement à La Jamaïque. Quand le nombre

des pieds malades dépassait 10 pour 100 d'une plantation, on replantait totalement avec la canne *Uba* résistante; malheureusement, par défaut de sucre, ce type était sans valeur industrielle. Dans les grandes exploitations, ces *Uba* constituaient une grande barrière arrêtant la propagation du mal sur les cultures faites au delà avec des variétés saines et industrielles (toutes susceptibles et non résistantes). L'opération était risquée et, en fait, elle n'a pas donné satisfaction et, après essais répétés, il a fallu chercher une autre solution.

Existe-t-il une méthode simple pour se procurer des types résistants?

Orton (1911) en a imaginé une dans le cas de la flétrissure du Cotonnier (wilt) due à un Champignon (*Fusarium vasinfectum*) dont les cultures pures étaient inoculées à la terre de tout un champ : presque toutes les plantes se flétrissaient et mourraient; quelques-unes appartenant à d'autres variétés, qui avaient échappé à la sélection, étaient douées d'immunité et restaient bien vivantes. Malheureusement elles n'avaient pas de valeur industrielle. Pour les utiliser, on les croisaient avec les variétés sensibles mais dignes d'être cultivées. On infusait ainsi la résistance à ces dernières.

Avec la Canne, la lutte est plus difficile que celle engagée contre les Champignons. Il s'agit, pour la mosaïque, d'un ultra-microbe ou d'un ultra-virus incultivable. Dans les champs de culture, qui s'inoculent spontanément par l'intervention des Pucerons, ancun pied n'apparaît comme doué de résistance. C'est seulement par le traitement dû à l'altitude (Soltwedel 1887-1889) qu'on a pu découvrir des plants doués de cette propriété.

Rôle des Montagnes. — Déjà Brandes avait remarqué, en 1924, que malgré sa résistance *Uba* était à proscrire et il mettait en doute la sagesse des cultivateurs de Natal qui ne voulaient cultiver que ce type.

Ce même auteur préconisait les méthodes javanaises qui consistent à pratiquer la sélection pathologique parmi les pépinières (qu'il appelle jardins) de germinations à *haute altitude*, puis à transporter uniquement les plantes saines dans d'autres jardins à une moindre élévation, enfin à continuer jusqu'aux plantations de plaine. (C'est la méthode décrite par Lyon, en 1920, contre le séreh, à Java.)

En 1927 et 1929 [1], j'ai insisté sur le rôle de l'altitude pour les hybrides (cette action étant prouvée pour les boutures). Si l'on croise deux variétés cultivées dans les contrées tropicales (Cannes à tige épaisse ou Cannes nobles), comme elles sont toutes deux sans résistance à la dégénérescence, l'hybride peut donner des hauts rendements en sucre, il est sensible à la maladie, on doit renoncer à sa culture. On n'a des résultats satisfaisants

(1) COSTANTIN, *Ann. Sc. nat. Bot.*, 10e série, 9, 1927, p. 299 à 369; *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1345; *Rev. Bot. appl. et Agric. col.*, 9, 1929, p. 229 à 240.

qu'en employant pour l'un des parents dans le croisement seulement des types montagnards. Dans les produits de l'hybridation, l'action du climat alpestre se fait ainsi sentir. Mais la sève montagnarde doit être dosée et faible pour ne pas nuire à la qualité sucrière; il faut donc encore envoyer les germinations de ces Cannes en montagne et cette dernière agit donc doublement sur les hybrides.

Ainsi s'explique le prodigieux succès des variétés javanaises dont l'emploi depuis 1916 s'est répandu dans toutes les îles et sur le continent américain où leur utilisation constitue une véritable révolution économique. On est donc en droit de dire qu'une immense expérience, qui dure depuis 1916 et se continue jusqu'à aujourd'hui, prouve que les Cannes préparées à Java dans les montagnes résistent à la mosaïque, maladie de dégénérescence. C'est ce qui avait été établi déjà, sur une échellé bien moindre, par Kuyper (1925) et Jeswiet (1928) dans les Indes néerlandaises.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la dispersion des neutrons du glucinium et l'existence de noyaux de recul provoqués par le lithium excité.* Note de MM. **M. de Broglie** et **L. Leprince-Ringuet.**

A. Nous avons continué l'étude des effets du nouveau rayonnement émis par les éléments légers quand ils sont bombardés par des particules α de l'émanation du radium. On sait qu'une partie de ce rayonnement consiste en rayons susceptibles de donner naissance à des noyaux de recul fortement ionisants, ces rayons sont probablement des neutrons; pour la commodité du langage, nous les désignerons sous ce nom. Nous avons reconnu que ces neutrons sont fortement dispersés par les milieux matériels, et nous citerons en particulier l'expérience suivante : Une ampoule contenant de l'émanation du radium et du glucinium en poudre envoie son rayonnement isotrope dans toutes les directions. Une chambre d'ionisation de petites dimensions est séparée de la source par un écran de plomb de 15^{cm} qui arrête le rayonnement γ de l'émanation et une partie du faisceau direct de neutrons.

La chambre d'ionisation est reliée à un amplificateur à lampes qui indique sur un oscillogramme le passage individuel des corpuscules fortement ionisants : on peut ainsi déceler le passage de tous les corpuscules donnant dans la chambre plus d'un millier de paires d'ions. L'amplificateur est proportionnel et donne pour chaque passage le nombre de paires d'ions

collectées. La chambre est tapissée intérieurement de paraffine de façon à détecter plus facilement les rayonnements de neutrons.

Au cours des expériences on enregistre le nombre de passages de noyaux atomiques fortement ionisants, soit en mettant, soit en supprimant des écrans latéraux de plomb, paraffine, KCl. Ces écrans ont plusieurs centimètres d'épaisseur et sont vus de la source, sous un angle solide qui est le cinquième environ de 4π. Un neutron issu de la source peut ainsi frapper les écrans, puis être diffusé vers la chambre avec tous les angles de diffusion possibles supérieurs à 45°.

Les résultats obtenus montrent que dans ces conditions expérimentales l'effet dû à la dispersion des neutrons par les écrans latéraux est considérable : le nombre des noyaux atomiques ionisants collectés varie du simple au double lorsque l'on place des diffuseurs latéraux de plomb, c'est-à-dire que cet effet atteint l'ordre de grandeur de celui que l'on observe sans écrans proches (ce dernier est dû au rayonnement direct filtré par 15^{cm} de plomb, et aussi à la dispersion possible vers l'arrière par les parois éloignées de l'appareil, les murs, etc.). Avec des écrans latéraux de KCl et de paraffine, il y a aussi une forte augmentation du nombre des rayons observés.

Cet effet de diffusion ne semble pas favoriser une espèce de rayons de recul plutôt qu'une autre, tout au moins d'une façon très frappante : la proportion des diverses amplitudes est du même ordre pour le faisceau de neutrons directs et pour le rayonnement de neutrons diffusés. Il y aura lieu de tenir compte des effets de ce genre dans l'interprétation des expériences d'absorption.

B. Mme Irène Curie [1] a signalé que le lithium, sous l'excitation des rayons α du polonium, émet un rayonnement du genre γ relativement peu pénétrant et absorbé de moitié par 4^{mm} de plomb. En employant comme excitateur l'émanation du radium, nous avons reconnu la présence de neutrons capables de fournir des noyaux de recul analogues à ceux qui proviennent du glucinium, quoique en nombre très inférieur; ces neutrons peuvent encore être observés après la traversée de plusieurs centimètres de plomb.

---

[1] Mme Irène Curie, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1412.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Nouvelle preuve de la spécificité individuelle des spirochètes de la fièvre récurrente hispano-africaine.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **Charles Anderson.**

Nous avons soutenu, à plusieurs reprises, l'opinion que les spirochètes des fièvres récurrentes ne pouvaient être rangés par espèces, mais seulement en groupes plus ou moins cohérents, et que la connaissance de l'étendue de leurs propriétés pathogènes était actuellement la seule base possible de leur classification. L'une des deux meilleures méthodes spécifiques qui nous servent pour la distinction des espèces microbiennes entre elles, la recherche des immunités croisées, montre qu'il existe, dans un même groupe, autant de types de spirochètes que de souches examinées. L'autre méthode, la recherche des pouvoirs agglutinant et lytique, a donné des résultats pareils.

Notre opinion n'a pas reçu un assentiment unanime. P. Delanoë objecte que, pour mettre en évidence l'immunité croisée, « il faut la manière » et que « l'injection d'épreuve doit être convenablement dosée. Si elle est trop forte, l'immunité croisée n'apparaîtra pas ; si, par contre, elle est convenablement dosée, elle ressortira nettement » ([1]). En langage clair, nous aurions, dans nos expériences, employé, pour l'épreuve des doses de virus trop fortes et ces fortes doses auraient brisé une immunité délicate que d'autres doses, mieux appropriées au but à poursuivre, eussent respectée. A l'appui de son opinion, P. Delanoë produit quelques expériences, peu démonstratives à notre avis, et qu'il considère comme favorables à sa thèse.

Chercher à doser le nombre des spirochètes contenus dans un virus, n'est pas seulement impraticable. Cette recherche est illusoire, puisque, à côté des spirochètes visibles, il en est qui échappent à la vue et que ce sont précisément ces formes qui offrent la plus grande virulence.

Il existe, d'autre part, un moyen bien simple de réduire la dose virulente à l'extrême, et de supprimer, par là même, le facteur dose : c'est d'employer, pour l'inoculation d'épreuve, le dépôt des virus sur la muqueuse conjonctivale. La virulence des spirochètes est telle que leur pénétration à travers la conjonctive est à peu près fatale.

Douze animaux (surtout des cobayes), divisés en deux séries de six, ont

---

([1]) P. Delanoë, *Contribution à l'étude des spirochètes de l'ornithodore des terriers du Maroc* Sp. marocanum (*Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 18, 1929, fasc. 3, p. 305 et suiv.).

été inoculés avec chacune des quatre souches que nous possédons du spirochète de la fièvre récurrente hispano-africaine (le germe même étudié par Delanoë), savoir : V des ornithodores du Maroc; Z, B et R de trois cas humains, les seuls observés jusqu'à présent en Tunisie.

L'épreuve a été pratiquée, pour les six animaux de la première série, par voie sous-cutanée, pour ceux de la seconde par voie conjonctivale et, dans chaque série, sur deux animaux pour chaque virus. L'un de ces animaux a été éprouvé le 15e jour, l'autre le 30e jour après la date présumée de guérison de la première infection (10e jour qui suit la dernière constatation de la présence des spirochètes dans le sang, délai nécessairement arbitraire; mais le même qu'emploie Delanoë).

Les résultats ont été pareils pour les deux séries (sous-cutanée et conjonctivale); les animaux, éprouvés après 15 et 30 jours, se sont infectés. Il n'y a eu que quatre résultats non concordants. Cette non-concordance n'est d'ailleurs qu'apparente, ainsi que le montre le détail des observations :

1° Une souris, ayant présenté une première infection normale à virus B (4 accès), a été éprouvée sans succès par voie sous-cutanée avec le virus Z, au 15e jour de sa guérison. Une seconde épreuve identique, tentée 12 jours plus tard, n'a pas été suivie d'un meilleur résultat.

Cependant, le cerveau de cette souris, prélevé 7 jours après la seconde tentative, a infecté un cobaye. La souris s'était donc bien infectée, mais sous forme invisible. A noter que cette expérience a été doublée d'une autre dans laquelle un rat, infecté par le même virus B, puis éprouvé par la même voie avec le virus Z, dans le même délai de 15 jours, s'est infecté.

2° Une autre souris, ayant présenté une première infection (4 accès) particulièrement marquée et prolongée par virus R, a été éprouvée, sans succès, avec le virus V par voie conjonctivale; une seconde épreuve, pratiquée 12 jours plus tard, n'a pas été non plus suivie d'infection. Cependant, le cerveau de cette souris, prélevé le 9e jour qui a suivi la seconde épreuve, a infecté un cobaye.

Dans ce cas, comme dans le précédent, la souris s'était bien infectée, mais sous forme de maladie invisible.

3° Un rat, inoculé du même virus et éprouvé par voie conjonctivale, 15 jours après sa guérison, avec le même virus V, ne s'est par infecté; mais, éprouvé une seconde fois le 25e jour, il a contracté une infection visible.

A noter que les expériences 2 et 3 ont été reprises sur un cobaye, inoculé du même virus R, puis éprouvé, au 15e jour de sa guérison, avec le même virus V et que ce cobaye s'est infecté à la suite de l'inoculation d'épreuve.

4° Enfin, un cobaye infecté pour la première fois avec le virus B et éprouvé avec le virus Z, un mois après guérison de sa première infection, ne s'est pas infecté. Par suite d'une omission, il n'a pas été tenté sur lui une seconde épreuve et l'on n'a pas recherché la virulence de son cerveau. L'observation est donc incomplète. D'autre part, sa portée est rendue nulle par le cas d'un autre cobaye, inoculé et éprouvé de

la même manière et chez qui l'épreuve a été pratiquée, non pas un mois, mais quinze jours après la guérison. Ce second cobaye s'est infecté.

Nous sommes autorisés à conclure que, contrairement à l'opinion de Delanoë, la dose employée ne joue pas de rôle dans l'inoculation d'épreuve. Notre conception sur la *spécificité individuelle des spirochètes* conserve donc toute sa valeur.

La méthode des immunités croisées, comme celle des pouvoirs agglutinant et lytique des sérums, distingue autant de types individuels qu'il se trouve d'exemplaires étudiés dans un groupe de spirochètes, caractérisé par la communauté de l'agent de transmission naturel et par les mêmes propriétés pathogènes. Tel est, en particulier, le cas des spirochètes du groupe *hispanicum*.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Longue survie d'hévéas brisés par un typhon.* Note de M. **A. Yersin.**

Le 6 novembre 1926, un typhon violent, venant de la mer de Chine, atteignait Nhatrang et dévastait la région. La plantation de Suôi-Giao, qui appartient à l'Institut Pasteur, était particulièrement éprouvée.

Nous avons à Suôi-Giao environ 250 hectares d'hévéas en culture. Ces arbres sont exploités régulièrement. Le produit de la vente du caoutchouc nous permet de pourvoir aux frais de divers essais agricoles, en particulier à la poursuite de nos études sur l'acclimatation des quinquinas en Indochine.

Le lendemain du typhon, nous constations les dégâts suivants dans la plantation d'hévéas :

Arbres déracinés	1251
Arbres brisés à 1-2^{m} au-dessus du sol	929
Arbres avec grosses branches cassées	915
Soit au total	3095

hévéas gravement touchés, sur un effectif de 66000 arbres environ qui étaient en exploitation (4,7 pour 100 du total).

Les 1251 arbres déracinés n'ont pu être relevés et ont été définitivement perdus pour nous.

Les 915 arbres qui n'avaient perdu que des grosses branches ont repris dans la suite et sont rentrés progressivement en exploitation régulière.

Quant aux 929 arbres brisés à 1-2^{m} au-dessus du niveau du sol, nous avons régularisé leur brisure et nous les avons laissés au repos avec l'espoir que des bourgeons se formeraient qui, en se développant, se transformeraient en rejets, puis en branches nouvelles, comme nous l'avions déjà observé dans des circonstances analogues.

Dans les six mois qui ont suivi le typhon, 239 des arbres brisés ont bourgeonné à leur partie supérieure. Ces bourgeone se sont développés, des branches nouvelles se sont formées et les arbres ont pu rentrer en exploitation régulière.

Environ 630 unités n'ont manifesté aucun signe de reprise; elles se sont desséchées dans le courant des deux années suivantes; finalement elles ont été arrachées et brûlées.

Trois mois après le typhon, nous avons remis en saignée tous les arbres brisés encore vivants. Leur production en latex a été sensiblement la même que celle de la moyenne des arbres sains de la plantation.

Le 8 mars 1931, il y avait encore 55 hévéas décapités vivants, en saignée et produisant du latex. Ces troncs mutilés ne présentaient aucun autre signe de vie que l'élaboration du latex et une lente reconstitution des écorces.

Aujourd'hui, 25 mars 1932, soit près de 6 ans après le typhon, il reste 35 de ces arbres paradoxaux qui persistent à vivre sans aucun feuillage et à produire du latex, sensiblement dans la même proportion que la moyenne des hévéas de la plantation.

En septembre 1927, soit environ 1 an après le typhon, nous avons essayé de greffer un certain nombre des troncs décapités avec des bourgeons pris sur d'autres hévéas. Sur une vingtaine d'arbres ainsi traités, deux avaient repris, quinze étaient encore douteux, lorsque l'intrusion d'un troupeau de bœufs dans la plantation a tout compromis : ces animaux ayant dévoré toute la végétation à leur portée.

Des essais de greffage nouveaux n'ont été renouvelés qu'en 1930 (5 ans après le typhon); aucun n'a donné le moindre résultat; il était manifestement trop tard.

Je puis ajouter que le caoutchouc provenant des arbres brisés par le typhon et que MM. Michelin ont bien voulu examiner spécialement, ne différait sensiblement pas de la gomme des hévéas normaux.

NOMINATIONS.

M. **A. Cotton** est désigné pour faire partie de la délégation de l'Académie à la célébration du *Troisième centenaire de l'Université d'Amsterdam*.

ÉLECTIONS.

M. **Henri Buisson** est élu Correspondant pour la Section de Physique générale par l'unanimité de 46 suffrages, en remplacement de M. *R. Blondlot* décédé.

CORRESPONDANCE.

M. **Vito Volterra**, M. **B. Cabrera** adressent à l'Académie l'expression de leurs sentiments de condoléance à l'occasion de l'assassinat de M. *Paul Doumer*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Centenaire de la* Société Royale des Arts et des Sciences de l'Ile Maurice (1829-1929).

2° Rodolphe Soreau. *L'air moyen et la stratosphère. Congrès du Génie civil* (23-29 septembre 1931).

3° A. Desaux et A. Boutelier, *Manuel pratique de Dermatologie*. (Présenté par M. A. Desgrez.)

4° Albert Demolon. *La dynamique du sol*. (Présenté par M. G. Bertrand.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la relation qui existe entre un arc de courbe et l'angle sous lequel on le voit de son origine.* Note de M. **Pierre Boos.**

Soit, dans une certaine variété V, une courbe G sur laquelle est pris un arc MM′ de longueur l; en faisant au besoin certaines restrictions sur la région de V dans laquelle se trouve la courbe G, il existe une géodésique et une seule qui passe par M et M′, cette géodésique fait avec la tangente en M à la courbe G un angle c qui dépend de la longueur l de l'arc et en général de sa position sur la courbe (donc de l'abscisse curviligne s du point M). L'objet du travail entrepris est la recherche de courbes telles que cette fonction de l et de s ait certaines formes particulières; ceci d'ailleurs moyennant certaines conditions qui seront précisées ci-après.

La plus intéressante de ces formes particulières est réalisée lorsque l'*angle c ne dépend pas de s, mais seulement de l*; nous disons que la courbe G correspondante (supposée distincte d'une géodésique) possède la propriété (P) : par exemple si V se réduit à un plan, tous les cercles de ce plan possèdent la propriété (P). Nous sommes ainsi conduits naturellement à étudier le problème suivant, le plus simple qu'on puisse se poser dans l'ordre d'idées actuel.

Déterminer les surfaces S *telles que par un point régulier quelconque de l'une d'elles passe une infinité continue de courbes* G *possédant la propriété* (P). En rapportant la surface à un système de coordonnées polaires géodésiques dont l'origine est le point régulier de la surface qui est l'origine de l'arc de longueur l étudié sur G, on trouve pour c le développement limité suivant :

$$(1) \quad c(l, s) = \frac{l}{2} z(s) + \frac{l^2}{3!} z' + \frac{l^3}{4!} [z'' + K(s) z] + \frac{l^4}{5!} \left(z''' + \frac{7}{3} K z' - \frac{z^2 z'}{6} + 2 K' z \right) + \ldots$$

où l'on a désigné par s l'abscisse curviligne du point M sur G, par $z(s)$ la courbure géodésique de la courbe G, par $K(s)$ la courbure totale de la surface au point M et où les accents désignent les dérivées par rapport à l'arc l. La solution du problème est alors immédiate : S *doit être une surface à courbure totale constante et* G *doit être un cercle géodésique* ($z =$ const.) *de* S. D'ailleurs l'existence du groupe des ∞^3 applications de S sur elle-même montre que les conditions nécessaires trouvées sont suffisantes.

En vue de généraliser ce résultat, on peut se proposer de *déterminer les*

surfaces S *telles que par un point quelconque de l'une d'elles passe au moins une courbe possédant la propriété* (P). La solution de ce problème est une conséquence de la résolution du problème plus général que voici : *Une surface (analytique)* S *étant choisie au hasard, existe-t-il sur* S *une courbe régulière* G *possédant la propriété* (P)? La réponse à cette question est négative, il paraît difficile de l'obtenir en se limitant à la considération du développement (1). Voici, rapidement indiqué, le principe de la méthode que nous avons suivie :

Nous avons adopté sur S le système de coordonnées orthogonales suivant : v est l'arc de la courbe G et les courbes $v =$ constante sont les géodésiques de S normales à G; u est l'arc de la géodésique (v) compris entre G et le point de coordonnées u, v. Dans ces conditions le ds^2 de la surface est de la forme $du^2 + C^2\,dv^2$ et l'équation différentielle des géodésiques de S est

$$(2)\qquad \frac{d^2u}{dv^2} = 2\frac{C'_u}{C}\left(\frac{du}{dv}\right)^2 + \frac{C'_v}{C}\,\frac{du}{dv} + CC'_u.$$

Or, si $F(u', u, v)$ est une fonction holomorphe de u', u, v telle que $F(O, O, v)$ ne soit pas identiquement nulle, l'intégrale de l'équation

$$u'' = F(u', u, v + s) \qquad (s \text{ paramètre}),$$

définie par les conditions $u = 0$, $u' = \varepsilon$ pour $v = 0$, dépend de s, si F dépend de v. Pour démontrer cette propriété nous utiliserons un procédé analogue à celui employé par M. Painlevé dans son Mémoire sur les équations différentielles dont l'intégrale générale est uniforme; en posant

$$\varepsilon = \lambda^2, \qquad u = \lambda^2 U, \qquad v = \lambda V,$$

nous cherchons un développement en série de l'intégrale U en fonction de λ et nous établissons que *si* F *dépend de* v, *un au moins des coefficients du développement de l'intégrale étudiée dépendra de* s.

L'application de ce résultat à l'équation (2) et la considération de certaines formules d'analyse où intervient la fonction eulérienne $B(p, q)$, permettent de démontrer que si C dépend de v, l'intégrale $u(v, \varepsilon, s)$ de l'équation (2) où l'on a remplacé v par $v + s$, définie par les conditions $u = 0$, $u' = \varepsilon$ pour $v = 0$, dépend de s et que la fonction $v(\varepsilon, s)$ tendant vers zéro en même temps que ε définie par la relation

$$u(v, \varepsilon, s) = 0$$

dépend aussi de s. Il en résulte que *la courbe* G *ne peut posséder la propriété* (P) *que* si la fonction $C(u, v)$ est indépendante de v, donc *si la*

surface S *est applicable sur une surface de révolution*, la courbe G étant l'analogue d'un parallèle de cette surface. Il est facile de vérifier que ces conditions nécessaires sont suffisantes; donc :

S'il existe sur une surface une courbe régulière (non géodésique) telle que l'angle, sous lequel un arc de longueur l est vu de son origine, soit indépendant de la position de l'arc sur la courbe et ne dépende que de l, la surface est applicable sur une surface de révolution et il existe une infinité de courbes possédant la même propriété : à savoir ceux des cercles géodésiques de la surface qui correspondent aux parallèles de la surface de révolution.

Le détail des démonstrations et l'exposé des autres résultats obtenus sur cette question feront l'objet d'une publication ultérieure.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques généralisations de l'inégalité de Jensen.* Note de M. **Michel Fekete**, présentée par M. Hadamard.

1. Soit donnée dans le plan de z une courbe l, continue et fermée sans se couper elle-même, le long de laquelle une fonction $\varphi(z)$, holomorphe dans le domaine fermé D limité par l, est de module constant égal à 1. *Alors toute fonction $f(z)$, holomorphe dans* D *et s'y annulant aux points* z_j $(j=1,\ldots,n)$ *dont aucun ne coïncide avec les zéros* $\zeta_j(j=1,\ldots,\nu)$ *de* $\varphi(z)$ *intérieurs à l, satisfera à l'inégalité*

$$\left|\frac{f(\zeta_1)\ldots f(\zeta_\nu)}{\varphi(z_1)\ldots\varphi(z_n)}\right| \leqq \operatorname*{Max}_{z \text{ ou } l} |f(z)|^\nu. \tag{1}$$

Cet énoncé, fournissant une généralisation d'un théorème bien connu de Jensen, s'établira par une méthode adoptée par M. Goursat pour la démonstration de la proposition de Jensen, combinée avec le fait que, sous les hypothèses ci-dessus, l'argument de $\varphi(z)$, croissant toujours lorsque le point z parcourt la courbe l dans le sens direct, reçoit un accroissement égal à $2\pi\nu$.

2. *Pour la démonstration*, supposons que $z_1,\ldots,z_n$ est l'ensemble de *tous* les zéros de $f(z)$ dans D. Du point z_j comme centre, décrivons un cercle c_j de rayon ε assez petit pour que les régions $|z-z_j|\leqq\varepsilon$, laissant à l'extérieur tous les points ζ_j et étant intérieures à l, n'aient pas entre elles de points communs; puis menons d'un point α_j de c_j à un point β_j de l une coupure l_j telle que le domaine D_ε, dont le contour se compose de l, c_j $(j=1,\ldots,n)$ et l_j $(j=1,\ldots,n)$, soit de connexion simple et contienne dans son intérieur

les points ζ_j ($j = 1, \ldots, \nu$). Alors l'intégrale

$$y = \oint \log f(z) \frac{\varphi'(z)}{\varphi(z)} dz,$$

prise le long du contour complet de D_ε dans le sens direct, sera égale à $2\pi i \log f(\zeta_1) \ldots f(\zeta_\nu)$.

D'autre part, y se décompose en la somme de $3n+1$ intégrales de la fonction

$$\log f(z) \frac{\varphi'(z)}{\varphi(z)},$$

la première étant étendue à la courbe l dans le sens direct, les n consécutives aux cercles c_j ($j = 1, \ldots, n$) dans le sens indirect et, enfin, $2n$ intégrales étant prises le long des chemins l_j de β_j à α_j et de α_j à β_j.

La contribution de ces dernières étant $2\pi i \log \varphi(\alpha_1) \ldots \varphi(\alpha_n)/\varphi(\beta_1) \ldots \varphi(\beta_n)$ on aura

$$\frac{1}{2\pi i} \oint_{C^-} \log f(z) \frac{\varphi'(z)}{\varphi(z)} dz = \log \left[\frac{\varphi(\beta_1) \ldots \varphi(\beta_n)}{\varphi(\alpha_1) \ldots \varphi(\alpha_n)} f(\zeta_1) \ldots f(\zeta_\nu) \right] + \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2\pi i} \oint_{c_i^+} \log f(z) \frac{\varphi'(z)}{\varphi(z)} dz.$$

Le dernier terme du second membre tendant, pour $\varepsilon \to 0$, lui-même vers zéro, on obtiendra, par ce passage à la limite,

$$(2) \qquad \frac{1}{2\pi i} \oint_{C^+} \log f(z) \frac{\varphi'(z)}{\varphi(z)} dz = \log \frac{f(\zeta_1) \ldots f(\zeta_\nu)}{\varphi(z_1) \ldots \varphi(z_n)} + \log \varphi(\beta_1) \ldots \varphi(\beta_n).$$

Moyennant la transformation $\varphi(z) = e^{i\vartheta}$, fournissant en vertu de notre remarque de la fin du paragraphe 1 une correspondance univoque $z = \psi(\vartheta)$ entre les points z de C et l'intervalle $0 \leqq \vartheta \leqq 2\pi\nu$, on déduit de l'égalité (2) (en égalant les parties réelles des deux côtés)

$$(3) \qquad \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi\nu} \log |f[\psi(\vartheta)]| \, d\vartheta = \log \left| \frac{f(\zeta_1) \ldots f(\zeta_\nu)}{\varphi(z_1) \ldots \varphi(z_n)} \right|;$$

ce qui, généralisant l'identité de Jensen, vérifie *a fortiori* l'inégalité généralisée de Jensen (1).

L'inégalité (1) est la meilleure possible en ce sens qu'elle devient une *égalité* pour certaines fonctions $f(z)$ convenablement choisies. Par exemple, si a est un point intérieur de D, différent de ζ_j ($j = 1, \ldots, \nu$), alors

$$f(z) = \frac{\varphi(z) - \varphi(a)}{1 - \overline{\varphi(a)} . \varphi(z)},$$

ayant exactement ν racines intérieures à D [les points de D, où $\varphi(z)=\varphi(a)$] et, en vertu de $|\varphi(a)|<1$, étant holomorphe dans D et de module constant égal à 1 sur l, satisfait (pour $n=\nu$) à la relation (1) avec le signe d'égalité.

3. Soit maintenant

$$a_0(z)+a_1(z)\,\omega(z)+\ldots+a_p(z)\,\omega(z)^p+\ldots$$

une série ordonnée suivant les puissances d'un polynome

$$\omega(z)=(z-\zeta_1)\ldots(z-\zeta_k),$$

les $a_p(z)$ étant des polynomes de degré $k-1$ au plus. Si cette série converge pour $|\omega(z)|<R$, elle converge uniformément pour $|\omega(z)|\leqq\nu<R$ et y représente une fonction $f(z)$, holomorphe dans chaque partie D simplement connexe de la lemniscate $|\omega(z)|\leqq\nu$. Soient $z_1, \ldots, z_n$ les zéros de $f(z)$ dans

$$|\omega(z)|\leqq\nu \qquad (z_\nu\neq\zeta_\mu;\ \nu=1,\ \ldots,\ n;\ \mu=1,\ \ldots,\ k).$$

Une application (réitérée si nécessaire) de (1) donne

$$\nu^n\left|\frac{a_0(\zeta_1)\ldots a_0(\zeta_k)}{\omega(z_1)\ldots\omega(z_n)}\right|\gtreqless\max_{|\omega(z)|=\nu}|f(z)|^k,$$

ce qui est une extension [1] de l'inégalité de Jensen à la série de puissances généralisée.

De même, par un choix convenable de $\varphi(z)$ dans l'égalité (3), on obtient une extension de la formule de Poisson-Jensen pour les séries de polynomes considérées.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines classes d'équations intégrales non linéaires.* Note de M. **J. Leray**, présentée par M. Henri Villat.

1. Soit une équation du type étudié par M. Schmidt (*Mathematische Annalen*, 65, 1908, p. 370); elle dépend de paramètres λ, μ, ...; φ désigne la fonction inconnue; les solutions *voisines* d'une solution donnée sont fonctions algébroïdes de λ, μ, ... Soit un ensemble de valeurs des paramètres formant un continu C; pour que les solutions correspondantes constituent sur C une ou plusieurs fonctions algébroïdes finies de λ, μ, ..., il

(1) La possibilité d'une telle extension et son rôle dans l'étude des fonctions entières m'a été signalée par M. B. Amira.

faut et il suffit que ces solutions forment sur C un ensemble compact, c'est-à-dire qu'elles possèdent une égale continuité. Donnons de cette remarque deux applications bien simples, relatives au domaine réel :

Soit l'équation

$$\varphi(x) = \lambda \int_a^b K[x, s, \varphi(s)]\, ds + \mu g(x), \tag{1}$$

où $K[x, s, u]$ est borné et analytique par rapport à u; le nombre des solutions est (en général) impair, donc non nul.

Soit l'équation

$$\varphi(x) = \lambda \int_a^b K(x, s) \times F[\varphi(s)]\, ds + \mu g(x), \tag{2}$$

où $\lambda > 0$, $0 < \alpha < K(x, s) < \beta$; $\gamma < F(u)$, α, β, γ représentant des constantes; $F(u)$ est analytique; $u^{-1} F(u)$ augmente indéfiniment quand u tend vers $+\infty$. Le nombre des solutions est (en général) pair; il est nul sur une région du plan (λ, μ); une solution au moins est non bornée quand λ tend vers zéro.

Le problème des régimes permanents des fluides visqueux occupant un domaine π borné constitue un troisième exemple, singulièrement plus intéressant (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1180).

2. Le cas où π s'étend à l'infini peut s'étudier à partir du précédent : on éloigne indéfiniment la frontière extérieure; le problème continue à admettre au moins une solution. Mais les hypothèses de M. Schmidt ne sont plus vérifiées; et je ne sais si l'ensemble des solutions constitue encore une fonction algébroïde des données.

Plus généralement des problèmes de la nature suivante sont fréquents ; on ne parvient pas à les étudier par l'emploi conjugué des deux théorèmes de M. Schmidt et de M. Arzelà utilisés au paragraphe 1, mais des problèmes voisins peuvent l'être; et un passage à la limite fournit des renseignements relatifs à l'ensemble de toutes les solutions de l'équation proposée. Ces renseignements n'excluent pas la possibilité des singularités les plus diverses, et dans certains cas banaux l'on peut vérifier que ces singularités se présentent effectivement.

L'Hydrodynamique offre les exemples les plus intéressants de telles difficultés : Soit un liquide visqueux plan [1], enfermé à l'intérieur d'une

---

[1] J'utilise l'étude des mouvements infiniment lents que j'ai résumée dans une Note des *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1165.

courbe convexe fixe, et qui y adhère; l'état des vitesses est donné pour $t=0$. Je n'ai pas réussi à construire une solution des équations de Navier régulière pour $0 \leqq t < +\infty$. Il est vrai qu'il suffirait, pour y réussir, d'améliorer légèrement certaines inégalités. J'ai alors recherché des *solutions turbulentes* du problème : je nomme ainsi tout système de fonctions u, v qui satisfont d'une part quelques inégalités (exprimant, entre autres choses, que l'énergie cinétique totale est bornée) et d'autre part l'équation intégrale que M. Oseen préfère substituer au système de Navier (*Hydrodynamik*, Leipzig, 1927, p. 58); je n'ai même pas supposé u et v dérivables au sens classique du terme. J'ai établi l'existence d'au moins une solution turbulente. De plus j'ai prouvé que toute solution turbulente coïncide avec la solution régulière que la méthode des approximations successives définit au voisinage de l'époque initiale, tant qu'existe cette solution régulière; enfin toute solution turbulente est régulière, sauf pour un ensemble de valeurs de t qui est fermé et de mesure nulle.

3. Cherchons maintenant à établir l'existence d'un mouvement régulier, pour $0 \leqq t < +\infty$, en ce qui concerne un liquide visqueux, illimité, à trois dimensions, dont l'état des vitesses est donné pour $t=0$: nous constatons être beaucoup plus loin du but; nous préciserons dans une prochaine Note la première difficulté qui se présente. Nous y dirons aussi comment le problème analogue, à deux dimensions, ne réserve aucune surprise, même si l'on passe au cas d'un liquide parfait. (Ce dernier fait résulte du théorème d'Helmholtz, relatif à la conservation du tourbillon.)

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'analogie entre la distribution des droites de Julia des fonctions holomorphes et celle des points singuliers des fonctions analytiques.* Note de M. **Vladimir Bernstein**, présentée par M. Hadamard.

Dans une Note récente [1], j'ai énoncé, à titre d'hypothèse, une proposition relative à la distribution des droites de Julia des fonctions entières, et j'ai indiqué que j'avais pu démontrer cette proposition pour certaines classes de fonctions entières. J'ai indiqué, en me bornant au cas des fonctions d'ordre un et de type moyen, que si l'on considère une telle fonction entière $F(z) = \Sigma a_n z^n$, et si la fonction associée de M. Borel $\varphi(x) = \Sigma n! a_n x^n$

[1] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 350.

est telle que les singularités qui entrent en jeu pour la construction de son polygone de sommabilité sont de l'un des types indiqués, il y a identité entre les directions de Julia de $F(z)$ et les directions des rayons-vecteurs des points extrêmes du polygone de sommabilité de $\varphi(x)$. Les classes de singularités pour lesquelles j'ai démontré cette proposition comprennent les pôles, les points essentiels isolés (avec une restriction relative aux coefficients), certains « pôles et points essentiels algébro-logarithmiques », *et même certains ensembles denses de tels points*.

Miss Cartright vient de me faire savoir qu'il résulte de certains de ses travaux que l'identité entre les directions de Julia de $F(z)$ et celles des rayons-vecteurs des points extrêmes du polygone de sommabilité de $\varphi(x)$ ne subsiste certainement pas pour toutes les fonctions $F(z)$, de sorte que la proposition que j'ai énoncé dans la Note précédente n'est pas générale. Dans ces conditions, je crois qu'il serait intéressant de bien délimiter la classe des fonctions pour lesquelles la proposition est vraie.

J'ai l'intention d'indiquer dans cette Note la voie que j'ai suivie pour démontrer la proposition, lorsque les singularités sont de l'un des types indiqués dans la Note précédente; je continuerai à parler seulement de droites de Julia, sans m'occuper de leur classification en droites de Borel d'un certain ordre, mais je signale en passant que, dans le cas particulier où $\varphi(x)$ est méromorphe dans un cercle contenant son polygone de sommabilité, M. Valiron a démontré (¹) que les sommets du polygone de sommabilité déterminent non seulement des droites de Julia, mais aussi des droites de Borel d'ordre un. Il est possible que cette affirmation subsiste pour tous les types de singularités que je considère.

Voici maintenant l'exposition succincte de mes raisonnements. Je commence par démontrer le lemme suivant : *si, pour deux valeurs* φ_1, φ_2 *de* φ, *le rapport* $\log|F(re^{i\varphi})|/r$ *tend vers une limite exacte lorsque* $r \to \infty$, *alors la fonction* $F(z)$ *prend dans le secteur* $\varphi_1 \leqq \arg z \leqq \varphi_2$ *toutes les valeurs possibles, sauf une au plus, à moins que le rapport précédent n'admette, pour toutes les valeurs de* φ *telles que* $\varphi_1 < \varphi < \varphi_2$, *une limite exacte* $h(\varphi)$, *qui peut être représentée, en coordonnées cartésiennes* (φ, h), *par un arc d'une seule sinusoïde*. Ce lemme se démontre très facilement à l'aide de théorèmes connus de MM. Phragmèn et Lindelöf.

Cela posé, admettons par exemple que le diagramme indicateur $\mathcal{J}$ de M. Pólya de $F(z)$ contient un segment rectiligne AB se terminant par

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1305.

deux points anguleux (le polygone de sommabilité contient alors un sommet dont le rayon vecteur est perpendiculaire à AB), et supposons que la fonction $f(x) = 1/x\,\varphi(1/x)$ peut être représentée, à l'extérieur de $\mathcal{J}$, au voisinage des points A et B, par des formules analogues à la formule (1) de ma Note précédente, c'est-à-dire que les singularités que $f(x)$ possède nécessairement aux points A et B se réduisent, au fond, à des pôles ou à des « pôles algébro-logarithmiques ». Nous pouvons supposer, sans restreindre la généralité, que le segment AB est le segment $(1+ih, 1+ik)$ avec $h < k$. Alors, en appliquant des théorènes de M. Haar ([1]), on voit immédiatement que, pour les valeurs assez petites de $\varphi > 0$, $|F(re^{i\varphi})|$ est asymptotiquement égal au produit d'un polynome par $e^{R(\cos\varphi - h\sin\varphi)}$; au contraire, pour les valeurs négatives assez petites de φ, $|F(re^{i\varphi})|$ est asymptotiquement égal au produit d'un polynome par $e^{R(\cos\varphi - k\sin\varphi)}$. Le rapport $\log|F(re^{i\varphi})|/r$ a donc, pour les valeurs positives et négatives de φ, des limites qui sont représentées, en coordonnées cartésiennes (φ, h), par des arcs de deux sinusoïdes différentes; donc, le lemme précédent permet d'affirmer que l'axe positif est une droite de Julia de $F(z)$, C. Q. F. D. Il n'est pas inutile de faire noter que *ce résultat reste vrai quelles que soient les singularités de $f(x)$ en dehors des points* A *et* B, nos suppositions étant limitées à ces deux points.

Si les singularités aux points A et B sont des points essentiels (éventuellement algébro-logarithmiques) on verra, en modifiant de façon convenable les théorèmes de M. Haar, que dans le raisonnement précédent on doit remplacer le polynome par une fonction entière d'ordre inférieur à 1; la conclusion subsiste, pourvu que l'on modifie le lemme de façon à pouvoir éviter les zéros de la fonction entière qui remplace le polynome.

Le même raisonnement sera encore applicable aux cas où, au voisinage d'un arc curviligne du contour de $\mathcal{J}$, $f(x)$ peut être représenté par une formule telle que la formule (2) de ma Note précédente (ensemble dense de pôles sur le contour de $\mathcal{J}$); en suivant l'exemple de Poincaré, on séparera les pôles en deux groupes, l'un contenant les pôles voisins d'un point considéré, et l'autre ceux qui en sont plus éloignés. L'égalité asymptotique ne sera obtenue que pour un ensemble dénombrable, mais dense de valeurs de φ; le lemme pourra encore être appliqué et l'on obtiendra un ensemble dense de droites de Julia, comme je l'ai indiqué à la fin de la Note précédente (cas II).

J'espère publier prochainement dans un autre Recueil les démonstrations détaillées des résultats précédents.

([1]) *Math. Ann.*, 96, 1927, p. 69.

GÉODÉSIE. — *Mesures de gravité faites au moyen de l'appareil Holweck-Lejay*, n° 2. Note de MM. **P. Lejay** et **R. Goudey**, présentée par M. G. Perrier.

L'appareil a été décrit dans une Note précédente (¹). On mesure le rapport moyen $R = 2T/T'$ des durées d'oscillation des deux pendules, correspondant à une observation de 15 minutes : T désigne la période du pendule libre, T' celle du pendule de gravité. Le nombre obtenu doit subir une correction de température pour le ramener à la valeur correspondant à la température de 15°.

Une première série de mesures a été faite au cours des mois de juin, juillet et août.

Stations de référence.	R à 15°.	Nombre d'observations.	Valeur de g (syst. Potsdam).
Lausanne.............	1,005580	11	980,589 cm.
Breteuil..............	1,003624	17	980,941 »
Dunkerque...........	1,002313	17	981,170 »

Il serait facile de montrer que, dans la limite de nos mesures, la variation de g est proportionnelle à la variation de R. En utilisant les résultats obtenus dans les stations de référence, nous avons obtenu la formule

$$g = 980{,}941 \text{ cm} - 177{,}32 \text{ cm} (R - 1{,}00362),$$

qui nous a servi pour le calcul de g dans les stations faites au cours de la même campagne.

Le tableau suivant résume le résultat de nos observations.

Stations.	Latitudes.	Altitudes.	R.	g observé, O.	g calculé, C.	O — C.	Observateurs.
	° ′	m		cm	cm	10^{-3} cm	
Ornans..................	47. 6,4	349	1,00488	980,718	980,737	—19	G.
Fort de Montfaucon......	47.15,0	610	1,00498	980,700	980,697	+ 3	G.
Besançon (Observatoire)...	47.15,0	310	1,00469	980,752	980,757	— 5	G.
Châtillon-sur-Seine.......	47.51,5	228	1,00432	980,817	980,829	—12	L.
La Neuville, près Stenay...	49.29,6	170	1,00345	980,971	980,986	—15	L.
Charleville..............	49.46,2	148	1,00325	981,007	981,016	— 9	L.
Aiglemont (Ardennes)....	49.46,9	228	1,00327	981,003	981,002	+ 1	L.
Berck (phare)...........	50.23,9	15	1,00267	981,109	981,099	+10	L. et G.
La Canche (phare).......	50.31,4	9	1,00265	981,113	981,111	+ 2	L.
Gris-Nez (phare).........	50.52,2	47	1,00238	981,161	981,134	+27	L.
Calais (phare)...........	50.57,7	9	1,00245	981,148	981,150	— 2	L. et G.

(¹) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1116.

Les valeurs de g calculé ont été obtenues au moyen de la formule de Helmert (1901), avec application des corrections de Faye et de Bouguer, mais sans tenir compte de la correction topographique.

Une deuxième série de mesures a été effectuée au mois d'octobre, en prenant comme stations de référence Bordeaux et Bayonne où g a été mesuré d'une manière très précise par M. Esclangon.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Stations.	R à 15°.	g connu.	Observateur.
Bayonne	1,00629	980,475 cm	G.
Bordeaux	1,00569	980,572 »	G.
Besançon	1,00458	» »	G.

La formule de calcul de g est ici :

$$g = 980,572 \text{ cm} - 161,67 \text{ cm} (R - 1,00569);$$

pour Besançon, elle donne comme valeur de g

$$g = 980,751 \text{ cm},$$

nombre qui est en très bon accord avec celui qui résultait de la première série de mesures.

Un accident survenu au pendule libre a nécessité un nouveau réglage, après la première campagne, de sorte que les nombres obtenus à Bordeaux et à Bayonne ne peuvent être comparés à ceux de la première série.

MÉTROLOGIE. — *Au sujet de la recherche d'une raie nouvelle comme étalon de longueur d'onde lumineuse.* Note de M. **Albert Pérard**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai exécuté, comme précédemment, à l'interféromètre Michelson un certain nombre de comparaisons entre la raie rouge du cadmium, étalon provisoire des longueurs d'onde lumineuses et les quatre raies du krypton :

K_{v_1}	5562,2257 UA	K_{jv}	5649,5627 UA
K_v	5570,2892 UA	K_j	5870,9154 UA

et j'en ai déduit des valeurs plus précises pour les longueurs d'onde.

Les valeurs déjà très approchées ci-dessus étaient celles, rapportées à l'air normal (sec, 15°, 760^{mm}), qui résultaient de mes expériences antérieures, exécutées avant que l'instrument eût été rendu à la fois plus lumineux

(changement des verres du système de déplacement du faisceau lumineux), et plus sélectif (meilleure construction des fentes réglables et addition d'un dispositif optique pour examen d'une petite région du spectre dans le plan de la fente).

La nouvelle étude a compris un grand nombre d'observations à des différences de marche s'échelonnant entre 10mm et 210mm. Mais il est apparu que le système optique, prévu pour les grandes différences de marche, présentait un grossissement un peu fort pour les larges anneaux des petites épaisseurs, et que la précision était sensiblement moindre pour ces dernières. C'est pourquoi, dans les résultats qui suivent, on n'a conservé que les expériences faites à des différences de marche supérieures à 100mm.

Raie.	Nombre d'expériences.	Valeur plus approchée de la λ (en angströms).	Erreur probable de cette valeur (en angströms).	Erreur probable d'une seule observation (en fraction de frange).
K_{ρ_1}.......	15	5562,22576	±0,00002$_5$	±0,0055
K_{ρ}........	20	5570,2894	±0,00004	±0,0103
$K_{j\rho}$.......	20	5649,5628	±0,00010	±0,0235
K_{j}........	20	5870,9161	±0,00004	±0,0083

Au Comité international des Poids et Mesures, M. Kösters, de la Reichsanstalt, avait proposé la raie jaune verte du krypton ($K_{j\rho}$) comme étalon de longueur d'onde, susceptible de remplacer la raie rouge du cadmium. J'ai déjà signalé que, à mon avis, cette raie est trop peu intense pour remplir convenablement un tel rôle; et, au Bureau of Standards, MM. Meggers, de Bruin et Humphreys ont émis la même opinion. La luminosité n'a pas seulement pour effet d'épargner la fatigue des yeux, elle constitue surtout la condition indispensable pour obtenir la précision maxima. C'est bien ce qui ressort en effet du tableau précédent, où j'ai inscrit la grandeur des erreurs probables calculées, non point dans l'illusion flatteuse que procure toujours le calcul des erreurs probables à celui qui ferme les yeux sur la présence indécelable des erreurs systématiques, mais pour exprimer par des chiffres la plus ou moins grande dispersion des résultats issus directement d'observations faites au même instant et dans les mêmes conditions sur les quatre raies. Dans ce tableau, l'erreur probable de la valeur de la longueur d'onde obtenue sur $K_{j\rho}$ est, malgré le nombre plus grand des expériences, quatre fois plus forte que celle de K_{ρ_1}, et aussi plus du double de celle de K_{ρ} et K_{j}.

En acceptant comme étalon de longueur d'onde le jaune vert du krypton, on en restreindrait l'utilisation aux laboratoires spécialement outillés pour

l'interférométrie, possédant des appareils particulièrement lumineux. Si l'on se résignait à cette restriction, il me semblerait alors préférable de reporter son choix précisément sur cette raie K_{ρ_1} (5562); et je la proposerais éventuellement comme nouvel étalon. En effet les deux raies très intenses K_ρ et K_j, en plus de leur proximité immédiate (respectivement à 5,2 et 4,2 UA) d'autres raies, sont affectées de satellites qui ont été nettement reconnus, et auxquels sont vraisemblablement attribuables les erreurs résiduelles relativement grandes de leurs observations. La raie K_{ρ_1}, d'intensité encore fort satisfaisante, a sans doute l'inconvénient du voisinage relatif (à 8,1 UA) de la raie K_ρ beaucoup plus intense ; et elle exige en conséquence un système dispersif assez puissant ; mais, quoique la Reichsanstalt ait signalé la probabilité de sa structure complexe, aucun satellite n'a été isolé de façon certaine ; et, en tout cas, à l'expérience, elle se révèle comme singulièrement monochromatique : sur quinze observations doubles, comprises entre 100^{mm} et 210^{mm} de différence de marche, aucune n'a donné d'erreur résiduelle qui atteigne 2 centièmes de frange, et l'erreur probable d'une seule observation se réduit, pour tout cet intervalle, à 5 millièmes de frange.

Il est ainsi remarquable que l'on ait pu mettre à cette valeur de la longueur d'onde une décimale de plus (qui suppose évidemment un zéro à la droite de la valeur admise pour la raie rouge du cadmium 6438, 46960 UA), sans que cette décimale soit dépourvue de toute signification, puisque l'erreur probable n'est que de deux unités de son rang.

Ces expériences seront poursuivies, dans des conditions plus favorables encore, lorsque le Bureau international sera en possession du prisme, cinnamate d'éthyle et crown, à grande ouverture et à forte dispersion, dont la construction va être achevée.

PHYSIQUE. — *Sur la limite élastique de l'acier extra-doux étiré à la filière.* Note [1] de M. **Jean Galibourg**, présentée par M. Guillet.

But des essais. — On sait qu'après vieillissement à la température ordinaire, ou à une température modérée, inférieure à 200°, l'allure de la courbe de traction d'un acier extra-doux recuit, *étiré par une première traction*, subit des modifications notables, fonction du temps écoulé entre la première et la deuxième traction [2].

---

[1] Séance du 2 mai 1932.

[2] *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 993, et **190**, 1930, p. 168.

Les présents essais ont eu pour but d'étudier l'effet du même vieillissement sur l'allure du début de la courbe de traction de l'acier *étiré par passage à la filière*.

Conditions des essais. — Une barre d'acier extra-doux a été recuite, puis a subi une passe d'étirage de 10 pour 100 à la filière.

Au cours des deux heures qui ont suivi l'étirage on a découpé les éprouvettes et tractionné celles qui étaient à essayer brutes d'étirage, ou après vieillissement accéléré aussitôt après étirage. Les autres éprouvettes devant subir un vieillissement spontané ont été maintenues 70 jours à 15°.

Tous ces essais de traction ont été effectués en double. Un premier essai était opéré au moyen de l'élasticimètre à miroirs de Martens, donnant, dans les conditions adoptées, les allongements à 1/750e pour 100. Cette méthode ne permettant de mesurer que de faibles allongements, un deuxième essai était opéré en plaçant, sur une éprouvette identique à la première, un extensomètre à fil, permettant de tracer le diagramme complet de traction à une échelle d'allongement double de la grandeur naturelle.

Résultats des essais. — 1° Le diagramme de traction du métal essayé aussitôt après l'étirage de 10 pour 100 ne comporte pas de partie rectiligne à partir de l'origine. Des écoulements en fonction du temps se manifestent dès les charges les plus faibles, quand on maintient la charge fixe.

2° Un vieillissement immédiat, à 160-170°, a pour effet de :

a. Faire apparaître un palier très court, plutôt une simple brisure de la courbe, vers 40^{kg} par millimètre carré;

b. Rectifier la courbe depuis l'origine des coordonnées jusqu'au voisinage de la limite élastique marquée par cette brisure;

c. Supprimer les écoulements sous charges constantes jusqu'au voisinage de la limite élastique.

3° Si l'on fait subir au métal brut d'étirage à la filière une traction produisant un allongement de 2,6 pour 100 (traction arrêtée à 37^{kg},8 par millimètre carré), et un vieillissement à 160-170°, la courbe enregistrée lors d'une traction suivant ce vieillissement est rectiligne jusqu'à un palier très net.

Donc une faible traction supplémentaire donne à une barre étirée à la filière la faculté de présenter un palier après vieillissement.

4° Un vieillissement spontané de 70 jours à 15° a rectifié la courbe de traction, depuis l'origine jusqu'à 36^{kg} par millimètre carré environ, mais ne fait pas réapparaître de palier. Ce vieillissement spontané a donc un effet

moins accentué que le vieillissement activé à 60-170°, qui rectifiait la courbe jusqu'à 40 kg/mm² et faisait apparaître un début de palier.

5° Le métal vieilli 70 jours, à 15°, présentait, après un vieillissement supplémentaire de 20 minutes à 160-170° :

a. Une limite élastique plus élevée (40^{kg} par millimètre carré) que le même métal sans revenu supplémentaire. Ce chiffre de 40^{kg} par millimètre carré est le même si le vieillissement activé a lieu aussitôt après l'étirage à la filière.

b. Un palier plus long que sans vieillissement spontané, mais restant néanmoins de faible longueur.

En résumé : 1° Par vieillissement spontané à la température ordinaire, la courbe de traction d'un acier étiré à la filière se rectifie d'elle-même, mais,

2° pour faire apparaître nettement un palier, il faut faire subir au métal étiré une traction puis un vieillissement.

Un vieillissement de 70 jours à la température ordinaire est insuffisant pour faire réapparaître le palier. Il est probable qu'une prolongation de la durée de vieillissement à 15° eût été sur ce point sans effet notable. En effet, on n'observe pas de palier lors des essais de traction de barres étirées depuis des mois. Ce résultat différencie nettement l'étirage d'une traction simple, car un vieillissement de quelques heures à 15° suffit pour faire réapparaître très nettement le palier des aciers tractionnés au delà de la limite élastique. Les étireurs considèrent d'ailleurs que l'allongement d'une barre à la filière se fait moins par traction que par compression latérale.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un contacteur-interrupteur dans le vide pour courants de haute tension.* Note de M. **Georges Vaudet**, présentée par M. A. Cotton.

Nous nous sommes proposé la réalisation d'un contacteur-interrupteur dans le vide permettant de mettre brusquement en court circuit une ligne de haute tension.

Cette ligne fonctionne dans les conditions suivantes : on dispose d'une batterie de condensateurs de capacité 2 microfarads chargé à 100 kilovolts. On veut dépenser l'énergie emmagasinée en un temps très court, par exemple pour volatiser brusquement un fil fin, et étudier la lumière qu'il émet, ainsi que cela a déjà été fait par Anderson [1].

---

(1) Anderson, article principal sur la question : *Astrophys. Journ.*, 64, 1926, p. 295.

Pendant la charge de la batterie, il est nécessaire qu'aucun courant ne passe dans le circuit de décharge. En outre, la mise en court circuit de la batterie doit être très brève, et exclure toute espèce d'étincelle, sous peine de perdre une notable partie de l'énergie emmagasinée.

Ces conditions particulières éliminent donc tout dispositif du genre micromètre à étincelles, ou éclateur en série. Nous avons également éliminé les conjoncteurs dans l'huile ou dans le pétrole, qui sont encombrants et trop résistants.

L'appareil que nous avons choisi est basé sur la loi de Paschen relative aux potentiels explosifs. De la courbe $V = f(pd)$, seule nous occupera la partie asymptote à l'axe des tensions.

Dans une enceinte, où est fait un excellent vide, sont placées vis-à-vis deux électrodes d'acier. L'une est fixe, l'autre est mobile de deux façons : dans le sens contact, par la détente d'un ressort; dans le sens coupure, par l'action d'un électro-aimant de rappel. Cette électrode est en outre maintenue à la position coupure par un petit doigt d'acier, porté par une pièce latérale, sur lequel elle vient s'accrocher en fin de recul, ceci pour éviter de faire passer constamment du courant dans l'électro-aimant de rappel. Le doigt est lui-même maintenu en position par la poussée d'un petit ressort; l'action d'un second électro-aimant permet de le ramener en arrière, ce qui libère l'électrode mobile.

A la position coupure, la distance des électrodes (4^{cm}) et la pression dans l'enceinte (de l'ordre de la millibarye), donnent au produit pd (4.10^{-3} barye-cm) une valeur bien inférieure au minimum de la courbe de Paschen pour l'air (700 baryes-cm). Dès lors, si l'on applique une différence de potentiel de 100 kilovolts entre les électrodes, il n'y a aucun courant dans le circuit de décharge.

Libérant l'électrode mobile, celle-ci se rapproche de l'électrode fixe, et le produit pd diminue encore, de sorte que le circuit de décharge est toujours coupé, jusqu'au moment où les deux électrodes se touchent.

A ce moment, il y a fermeture brusque, sans autre résistance que celle du circuit métallique; on passe donc aussitôt de l'interruption au court circuit sans aucune étincelle, et toute l'énergie de la batterie est dépensée dans le fil à volatiliser.

L'appareil a été construit avec un tube de pyrex, portant, rodées à ses extrémités, deux culasses en bronze qui supportent les électrodes et les logements de ressorts (ressort de détente pour l'électrode mobile, ressort amortisseur de choc pour l'électrode fixe). Le doigt et son ressort sont

maintenus par une autre pièce de bronze, fixée au tube par un rodage latéral.

Les deux électros de commande sont placés à l'extérieur du tube, leur durée d'action ne dépassant pas une seconde, on peut les faire parcourir par des courants relativement intenses et réduire ainsi leur encombrement.

L'ensemble de l'appareil est fixé sur une petite table de bakélite et ses dimensions d'encombrement n'excèdent pas $40^{cm} \times 15^{cm} \times 15^{cm}$.

Le vide est obtenu par le procédé classique : pompe primaire à palettes à deux étages, pompe secondaire à diffusion de vapeur de mercure, piège à air liquide.

L'appareil a été éprouvé jusqu'à 65 kilovolts, et son fonctionnement a été satisfaisant. En particulier, le choc des électrodes l'une sur l'autre n'ébranle pas les rodages, grâce au ressort amortisseur, et l'on peut faire une seconde expérience au bout d'un temps très court. La manœuvre des électros de commande est rapide; elle est sans danger, si l'on a soin de mettre l'électrode mobile et le doigt d'arrêt du côté terre, la haute tension étant appliquée sur l'électrode fixe.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un chronographe électrique à lecture directe permettant la mesure précise d'intervalles de temps très courts.* Note de MM. **Raymond Dubois** et **Louis Laboureur**, présentée par M. A. Cotton.

Si l'on relie un condensateur électrique initialement déchargé à une source de tension constante à travers une résistance, la tension aux bornes du condensateur, nulle à l'instant $t = 0$, croît suivant une loi exponentielle en fonction du temps. La mesure de la charge acquise au bout d'un temps inconnu permet de déterminer sa durée. Les méthodes autrefois utilisées nécessitaient l'emploi d'un électromètre trop fragile pour les emplois industriels, ou bien l'utilisation d'un galvanomètre ayant le même inconvénient, et, de plus, celui de faire disparaître la grandeur à mesurer, ce qui ne permet pas l'affichage prolongé du résultat de la mesure.

Le présent dispositif résout le problème par l'emploi d'une lampe triode à grand isolement sur la grille de laquelle la tension acquise par le condensateur est appliquée à partir de l'extrémité négative du filament et dans le sens rendant le potentiel de la grille plus négatif encore. Dans ces conditions, la lampe fonctionne comme un électromètre ne dérivant aucun courant et n'altérant pas la charge emmagasinée par le condensateur, tout en

débitant un courant anodique de plusieurs milliampères facilement mesurable par des appareils à pivots. Les variations de ce courant sont parfaitement définies et stables en fonction de la tension atteinte par le condensateur au cours de sa charge.

Dans cette première forme d'appareil chronographique, la durée à mesurer est définie par la fermeture et l'ouverture du circuit contenant la source de tension de charge du condensateur sous l'action de relais commandés par le phénomène observé. Un appareil de ce genre a été réalisé il y a deux ans pour la détermination de la vitesse instantanée des véhicules par la mesure du temps qui s'écoule entre le franchissement de deux faisceaux lumineux ou infrarouges perpendiculaires à la trajectoire et distants de 2 mètres. Le milliampèremètre placé dans le circuit anodique de la triode indiquait à chaque mesure sur son cadran directement gradué en kilomètres par heure la vitesse du mobile jusqu'à 150^{kmh}.

Depuis cette époque, un perfectionnement très important a été apporté à ce chronographe en supprimant les relais par l'emploi d'une lampe à néon comme interrupteur sans inertie et sans mauvais contact possible. De plus, l'emploi de la conductibilité unilatérale de l'espace filament-grille a permis d'effectuer très aisément la charge du condensateur en le laissant connecté à la fois au filament et à la grille, dans la situation qu'il devra occuper pour la mesure de la charge, tout en respectant son isolement parfait, ce qui permet d'obtenir la permanence de la lecture. Dans ce nouveau dispositif l'intervalle de temps à mesurer est celui pendant lequel la lampe à néon est allumée, son allumage et son extinction étant provoqués par le début et la fin du phénomène. Le courant plaque prend alors la valeur correspondant à la charge acquise par le condensateur et cette valeur subsiste pendant plusieurs minutes ou plusieurs heures suivant la qualité des isolants utilisés. Après la lecture on court-circuite le condensateur pendant un bref instant afin de préparer la mesure suivante.

L'intérêt de cet appareil pour le sondage aérien et sous-marin est évident : il permet d'effectuer la mesure d'intervalles de temps très courts avec une précision pouvant atteindre 1 pour 1000, sans relais, sans embrayage, sans organe mécanique mobile. Des oscillogrammes ont montré que les phénomènes dans la lampe au néon ne présentaient aucun retard par eux-mêmes, et il a été possible de mesurer directement par cette méthode le temps mis par le son pour parcourir une centaine de mètres à un décimètre près. D'autre part, l'énergie nécessaire pour obtenir l'extinction est très faible, et, dans les essais effectués pour déterminer l'altitude

malgré le bruit des moteurs d'avions, la distance d'écho a pu être lue d'une manière régulière depuis 8^{m} jusqu'à 450^{m}.

Pour cette application, l'installation emportée par l'avion consiste en un appareil à air comprimé émettant une note aiguë durant 1/100e de seconde environ, dirigée vers le sol par un pavillon intérieur à l'avion et dont l'orifice, en retrait du contour de fuselage, est protégé par un léger déflecteur. Le récepteur est un microphone électromagnétique spécial qui est sélectif et sensible à l'écho, mais dont la période propre ne coïncide pas avec la note utilisée, de manière à éviter que les régimes transitoires soient de même fréquence que le signal. Un amplificateur à sensibilité très sélective est accordé sur le signal, et le courant de sortie, dû à l'écho, provoque l'extinction de la lampe servant à charger le condensateur chronographique. L'allumage de cette lampe est provoqué par le fonctionnement même de l'émetteur.

Le milliampèremètre du chronographe porte deux graduations en altitudes, l'une de 5^{m} à 70^{m}, l'autre de 20^{m} à 500^{m}. Le changement d'échelle s'obtient instantanément par un contact modifiant la valeur de la résistance en série avec le condensateur et réglant la vitesse de charge. L'emploi de plusieurs milliampèremètres en série permet de répéter les lectures de sonde aux différents postes de pilotage ou de navigation sans aucun autre organe supplémentaire. L'un d'entre eux peut être un enregistreur à encre et donne alors le profil de la route en coordonnées rectilignes car la vitesse de déroulement du papier peut être rendue proportionnelle à celle du mobile.

Le sondage sous-marin peut être effectué de la même manière en employant un émetteur transmettant à l'eau une vibration musicale brève avec une réception microphonique analogue à celle employée sur avion, conjuguée avec le même chronographe.

Enfin, pour les usages d'expérimentation physiologiques, le chronographe à condensateur permet l'évaluation des temps de réaction avec une précision et une commodité remarquables.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Variation avec l'épaisseur des effets magnéto-optiques par transmission des couches minces de fer.* Note de M. **Marcel Cau**, présentée par M. A. Cotton.

En vue de compléter l'étude critique de résultats expérimentaux antérieurs (¹) et de préparer de nouvelles expériences (qui n'ont malheureusement pu être effectuées jusqu'ici), j'ai calculé les valeurs théoriques de la rotation et de l'ellipticité magnéto-optiques correspondant à des couches de fer de diverses épaisseurs déposées sur verre, placées normalement à un champ magnétique de 10 kilogauss et traversées normalement par un faisceau polarisé de longueur d'onde $\lambda = 546^{m\mu}$.

J'ai tenu compte des effets superficiels signalés dans mon Mémoire et des réflexions multiples à l'intérieur de la couche mince de métal. J'ai négligé l'influence des réflexions multiples à l'intérieur de la lamelle de verre servant de support : le calcul montre qu'elle est petite.

Méthode de calcul. — J'emploie la méthode de calcul symbolique avec les mêmes conventions et sensiblement les mêmes notations que dans mon précédent Mémoire. Soient : ζ l'épaisseur de la couche de fer supposée d'abord non aimantée; $n+jq$ son indice complexe; a, a', b, ... les facteurs de réflexion et de transmission des surfaces limites (²); $x = \mathrm{X}e^{j\chi}$ le facteur interne de transmission à travers l'épaisseur.

Le facteur complexe du faisceau directement transmis est $bb'_1 x$; celui du faisceau sortant après réflexion sur les deux surfaces limites est $bb'_1 x^3 aa'$, ...; tous ces faisceaux interfèrent entre eux et le faisceau résultant est affecté du facteur complexe

$$\mathcal{G} = \mathrm{G}e^{j\gamma} = bb'_1 x(1 + aa'x^2 + \ldots) = \frac{bb'_1 x}{1 - aa'x^2}.$$

Sous l'action du champ magnétique le fer acquiert une biréfringence et un dichroïsme circulaires caractérisés respectivement (³) par la différence des indices de réfraction $\Delta n = n_g - n_d$ et par la différence des indices d'absorption $\Delta q = q_g - q_d$ relatifs aux circulaires de sens contraires (courant magnétisant à droite).

Cela posé, une vibration incidente rectiligne peut être décomposée ne

(¹) *Annales de Physique*, 10ᵉ série, 11, 1929, p. 354-449.
(²) *Loc. cit.*, p. 398.
(³) *Loc. cit.*, p. 436 et suiv.

deux circulaires inverses, auxquels correspondent des facteurs $\mathcal{G}$ légèrement différents. La vibration émergente est elliptique : son axe a tourné par rapport à la vibration incidente de $\rho = 1/2\,\Delta\gamma$ et son ellipticité, traitée comme un infiniment petit, est $\varepsilon = -1/2\,\Delta G/G$. A cette approximation, ces quantités sont obtenues simultanément en formant

$$\frac{1}{2}\frac{\Delta\mathcal{G}}{\mathcal{G}} = \frac{1}{2}\left(\frac{\Delta G}{G} + j\,\Delta\gamma\right) = -\varepsilon + j\rho.$$

$\mathcal{G}$ comporte quatre facteurs :

1° Le facteur interne x, auquel correspondent la rotation et l'ellipticité dues à la simple traversée du fer aimanté et données par

$$\frac{1}{2}\frac{\Delta x}{x} = -\varepsilon_0 + j\rho_0 \qquad \text{où} \quad \rho_0 = \frac{\pi}{\lambda_0}(\Delta n)\zeta \quad \text{et} \quad \varepsilon_0 = \frac{\pi}{\lambda_0}(\Delta q)\zeta;$$

2° Les facteurs b et b'_1, auxquels correspondent les effets superficiels aux limites air-métal et métal-verre,

$$\frac{1}{2}\frac{\Delta b}{b} = -\omega + j\tau \qquad \text{et} \qquad \frac{1}{2}\frac{\Delta b'_1}{b'_1} = -\omega'_1 + j\tau'_1;$$

3° Le facteur $\mathcal{L} = 1 - aa'x^2$ correspondant aux réflexions multiples dans le fer. Posant $1/2\,\Delta\mathcal{L}/\mathcal{L} = l_r + jl_j$, les effets résultants sont donnés par les formules

$$\rho = \rho_0 + (\tau + \tau'_1) - l_j, \qquad \varepsilon = \varepsilon_0 + (\omega + \omega'_1) + l_r.$$

Calcul des termes correctifs. — $1/2\,\Delta a/a = -\eta_0 + j\sigma_0$, $1/2\,\Delta a'/a' = -\eta'_0 + j\sigma'_0$ représentant les effets Kerr sur les surfaces limites du fer, on pose

$$\mathcal{L} = 1 - \mathcal{L}_1 = 1 - aa'x^2 = \mathrm{L}\,e^{j\lambda}, \qquad \mathcal{L}_1 = \mathrm{L}_1\,e^{j\lambda_1},$$
$$\eta_0 + \eta'_0 + 2\varepsilon_0 - j(\sigma_0 + \sigma'_0 + 2\rho_0) = \mathrm{N}\,e^{j\nu},$$

alors

$$l_r = \frac{\mathrm{L}_1}{\mathrm{L}}\,\mathrm{N}\cos(\lambda_1 - \lambda + \nu), \qquad l_j = \frac{\mathrm{L}_1}{\mathrm{L}}\,\mathrm{N}\sin(\lambda_1 - \lambda + \nu).$$

Les calculs numériques sont assez longs, mais ne présentent pas de difficultés spéciales.

Résultats. — Pour $\lambda = 546\ \mathrm{m}\mu$ et un champ de 10 kilogauss, j'adopte les paramètres suivants : $n = 2{,}4$, $q = 3{,}3$, $\Delta n = 0{,}062$, $\Delta q = 0{,}043$. Alors, en minutes sexagésimales,

$$\rho = 1{,}25\zeta - 3{,}6 - l_j, \qquad \varepsilon = 0{,}85\zeta + 22{,}3 + l_r,$$

où ζ est évalué en millimicrons.

Le tableau abrégé suivant donne, pour diverses valeurs de l'épaisseur ζ, la rotation, l'ellipticité, les corrections de réflexions intérieures et la *densité optique globale* D (y compris la lamelle de verre, d'indice $n' = 1,5$) :

ζ..........	0	5	10	15	20	30	40	70	100
ρ..........	0	2,7	7,1	12,3	17,9	30,6	44,1	82,6	119,0
ε..........	0	17,6	27,5	33,9	38,7	46,6	54,7	81,5	107,2
100 D......	3,5	31,2	53,2	72,0	89,0	120,6	151,6	248,5	347,4
l_r..........	−22,3	−8,9	−3,2	−1,1	−0,6	−1,1	−1,5	−0,3	+0,05
$-l_i$......	+ 3,6	+0,1	−1,6	−2,6	−3,0	−2,6	−1,4	+0,3	+0,04

On remarquera avec quelle rapidité la courbe représentant la variation de ε en fonction de ζ, partant de l'origine, s'approche de son asymptote rectiligne. La courbe $\rho = f(\zeta)$ s'écarte notablement d'une ligne droite pour les faibles épaisseurs : le sens de la courbure est inverse de celui de la courbe $D = \varphi(\zeta)$.

Malgré les discordances individuelles signalées dans mon précédent Mémoire, les résultats expérimentaux sont en bon accord avec les résultats théoriques. Il est probable pourtant que les valeurs des paramètres devront être modifiées : de nouvelles expériences seront nécessaires.

PHOTOGRAPHIE. — *Effet photographique de la pression.* Note [1] de MM. **Ny Tsi-Ze** et **Chien Ling-Chao**, présentée par M. Ch. Fabry.

Franklin E. Poindexter [2] a récemment trouvé que l'application d'une pression sur une émulsion photographique pendant l'exposition empêche la formation de l'image latente d'une façon notable, et il a donné une courbe expérimentale des réductions relatives de densité optique en fonction de la pression.

Nous avons repris l'expérience avec un appareil analogue au sien. Le papier photographique ou la pellicule est placé au-dessus d'une lame de verre à faces parallèles avec le côté sensible vers le bas. Dans le cas d'une plaque photographique, le côté sensible est tourné vers le haut. Des poids suspendus à l'extrémité d'un levier pressent la face inférieure, bien dressée, d'un cylindre en acier de 5^{mm} de diamètre contre la pellicule ou le papier photographique. Une feuille mince de papier noir est interposée entre le

(1) Séance du 2 mai 1932.

(2) *Journal of the Optical Society of America*, 21, 1931, p. 59.

cylindre et la préparation photographique. La source lumineuse, placée à 64cm au-dessous de l'émulsion, envoie, à travers deux diaphragmes, un faisceau de lumière qui éclaire une surface circulaire de l'émulsion de 14mm de diamètre, concentrique de celle sur laquelle la pression est exercée.

Tout d'abord, nous examinons si la réduction relative de densité, pour une pression donnée, ne dépend pas de la densité elle-même. Pour cela, nous faisons des poses de durées différentes, variant de 1 seconde à 8 minutes 32 secondes, sur un même cliché et pour une même pression. Le tableau suivant résume les résultats de mesures des densités au microphotomètre de Moll :

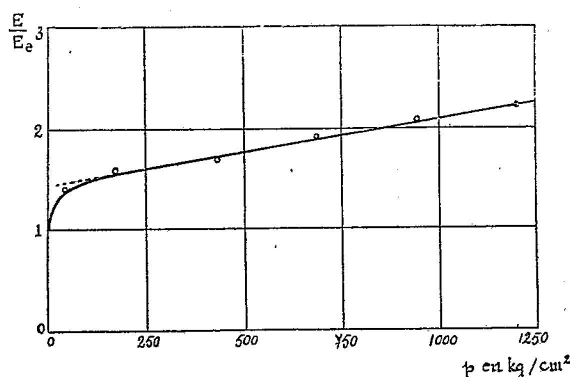
Temps de pose t.	Densité au bord d.	Densité au centre sous pression d'.	$d - d'$.	$\frac{d-d'}{d}$.
1 seconde	0,055	0,02	0,035	0,64
2 secondes	0,07	0,03	0,04	0,57
4 »	0,15	0,06	0,09	0,60
8 »	0,31	0,15	0,16	0,52
16 »	0,55	0,305	0,245	0,45
32 »	0,87	0,56	0,31	0,36
64 »	1,17	0,845	0,325	0,28
128 »	1,49	1,16	0,33	0,22
256 »	1,75	1,46	0,29	0,17
512 »	1,94	1,72	0,22	0,11

On voit que la réduction relative de densité a varié énormément pour une même pression, tandis que la réduction de densité $d - d'$ croît d'abord, reste constante, et puis décroît. Les trois étapes de cette variation correspondent justement à la sous-exposition, à l'exposition normale et à la surexposition. Si l'on trace les deux courbes en prenant comme abscisses les valeurs de $\log t$ et comme ordonnées celles de d et de d', on constate que l'une peut être déduite de l'autre par une simple translation, parallèle à l'axe des $\log t$. C'est donc cette translation, au lieu de la réduction relative de densité, qui doit caractériser l'effet photographique de la pression. On remarquera aussi que le facteur de contraste de l'émulsion n'est pas influencé, mais son inertie, au contraire, est augmentée par la pression.

Soient E l'éclairement qui produit une densité d quand l'émulsion est sous une pression p et $E_e (E_e < E)$ l'éclairement qui produirait la même densité si l'émulsion n'était soumise à aucune pression. On peut appeler E_e la valeur efficace de l'éclairement sous la pression p. La quantité $\log E/E_e$ ou le rapport E/E_e, comme l'expérience le montre, ne dépend que de la presion p.

Pour déterminer cette fonction, nous faisons pour une même pression, sur un même cliché, cinq poses d'exposition normale et de durée égale, en affaiblissant convenablement l'intensité de la source dans des rapports connus avec des filtres constitués par des plaques photographiques développées et fixées. La source est une lampe électrique de six volts peu poussée. Le temps de pose est d'une minute. La pression a varié de 86,5 à 1234 kg/cm².

Nous donnons ci-dessus la courbe expérimentale relative à la pellicule



antihalo orthochromatique Zeiss-Ikon. Elle est une ligne droite pour p supérieure à 200 kg/cm², et l'on a la relation

$$\frac{E}{E_e} = 1 + 0{,}00065\,p,$$

p étant en kilogrammes par centimètre carré.

L'effet photographique de la pression est plus grand pour la lumière verte que pour la bleu-violet. Nous avons fait des expériences avec la lumière de la même lampe à travers des filtres de Wallace et nous trouvons, pour la même pression de 469 kg/cm², les résultats suivants :

	Sans filtre.	Avec filtre n° 10 600-490 mμ.	Avec filtre n° 3 490-410 mμ.
$\frac{E}{E_e}$	1,70	2,32	1,50

L'expérience avec lumières monochromatiques de l'arc à mercure est en cours.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le pouvoir de pénétration du rayonnement (neutrons) excité dans le glucinium par les rayons α.* Note de MM. **Jean Thibaud** et **F. Dupré la Tour**, présentée par M. M. de Broglie.

Bothe et Becker ont montré que le glucinium, bombardé par des rayons α, émettait une radiation extrêmement pénétrante, constituée d'après Chadwick par des neutrons (masse 1, charge 0). L'absorption de moitié de ce rayonnement correspondrait, d'après les dernières mesures [1], à $4^{cm},7$ de plomb, en accord avec la détermination de Bothe et Becker.

Nous avons étudié cette absorption dans des épaisseurs de matière atteignant plusieurs décimètres; le rayonnement pénétrant était émis par le glucinium sous l'action des rayons α de l'émanation; il était mesuré à l'aide d'une chambre d'ionisation reliée à un amplificateur, ce qui permet le dénombrement individuel des particules ionisantes [noyaux atomiques [2]] projetées par les neutrons. On détermine ainsi le coefficient d'absorption des seuls neutrons, indépendamment de l'effet des radiations moins pénétrantes (rayons γ) qui peuvent être émises simultanément par le glucinium.

Encore que les résultats que nous indiquons ci-dessous soient préliminaires et sujets à des corrections, principalement dans les valeurs numériques, le rayonnement (neutrons) de glucinium nous apparaît *beaucoup plus pénétrant* qu'il n'a été signalé jusqu'ici.

1. *Absorption dans le plomb.* — En premier lieu, il n'existe rien de comparable au *parcours* (trajectoire de longueur définie) des autres radiations corpusculaires (α ou β). Au delà d'un écran de 30^{cm} de plomb, il subsiste encore plus du dixième de la radiation incidente. L'ensemble des résultats relatifs à des épaisseurs croissantes d'absorbant est complexe : l'absorption est comparable à celle d'un rayonnement fortement hétérogène, dont chacun des constituants s'absorberait suivant une loi exponentielle. Une épaisseur de 10^{cm} de plomb réduit le rayonnement de 4 à 1 entre $2^{cm},5$ et $12^{cm},5$ d'absorbant, tandis que ces mêmes 10^{cm} absorbent à peine plus de la moitié des neutrons entre 12 et 22^{cm}. D'une manière plus précise, si nous considérons spécialement les neutrons qui donnent naissance à des particules ionisantes

(1) I. Curie, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1412.

(2) I. Curie et F. Joliot, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 273. La paroi intérieure de notre chambre d'ionisation est garnie d'un disque de paraffine.

produisant 20 000 paires d'ions dans notre chambre d'ionisation (de $5^{cm},5$ de longueur, ces particules sont probablement les noyaux d'hydrogène issus de la paraffine), la courbe d'absorption expérimentale (log. I_X en fonction de l'épaisseur X) est fortement convexe vers l'axe des X. Le coefficient d'absorption μ_X (supposé constant pour une épaisseur matérielle de 1^{cm}) décroît de $\mu_x = 0,20$ à $\mu_x = 0,065$ environ lorsque l'épaisseur passe de 1^{cm} à une vingtaine de centimètres. L'absorption de moitié correspondante entre ces mêmes limites passerait de 3,5 à 11^{cm}. La forme convexe de la courbe laisse prévoir un affaiblissement encore notable du coefficient μ au delà de 30^{cm} de plomb, ce qui conduit à supposer que les neutrons peuvent traverser des écrans de plomb d'une cinquantaine de centimètres.

2. *Absorption comparée d'éléments divers.* — Nous avons examiné les éléments : Al, Si, S, Fe, Zn, Sn, Sb, Hg, Pb, ainsi que l'oxyde de zinc, et les nitrate et bromure de potassium après filtration préalable du rayonnement dans $4^{cm},4$ de plomb. On s'est astreint à comparer les absorptions d'écrans de ces substances contenant le même nombre d'atomes. Pour chacune, l'absorption s'écarte plus ou moins de la loi exponentielle simple, indiquant généralement une filtration progressive comme pour le plomb. Ainsi dans le cas du mercure, entre 0 et 15^{cm}, on peut définir le coefficient moyen $\mu = 0,08$ (absorption de moitié calculée : $D_{1/2} = 8^{cm},6$) avec variation probable entre ces limites d'épaisseur de $\mu = 0,22$ à $\mu = 0,04$ (cd. $D_{1/2}$ passant de 3 à 17^{cm}). Voici, approximativement, les épaisseurs de matière qui, placées devant une source de neutrons filtrés par $4^{cm},4$ de plomb, réduisent la radiation de moitié : Al = 5,5 ; Si = 8 ; S = 10 ; Fe = 6 à 9 ; Hg = 6 ; Pb = $5^{cm},5$. Il est intéressant de comparer les absorptions relatives de ces éléments en fonction du nombre d'atomes absorbants (courbes log. I_x/I_0 en fonction de $x\rho/A$). Les points expérimentaux se situent plus ou moins loin de la courbe type relative au plomb, indiquant une absorption atomique un peu plus faible pour les éléments légers (Si, S, et particulièrement Fe) mais dans l'ensemble, tous dans les mêmes régions du plan. Le phénomène d'absorption des neutrons par les noyaux atomiques apparaît *très général*.

3. On peut admettre que l'absorption des neutrons par la matière provient de la perte d'énergie, le long de leur parcours, par collision : 1° avec les électrons ; 2° avec les noyaux atomiques. Les chocs du premier type sont les plus fréquents, mais ne correspondent, eu égard à la faible masse de l'électron, qu'à une perte d'énergie minime. Les chocs nucléaires, plus rares, sont par contre capables, s'ils ont lieu de plein fouet, d'absorber d'un coup la totalité de l'énergie du neutron (projection atomique) ou, au moins,

de diffuser les neutrons et de les renvoyer vers l'arrière. Remarquons que le neutron, dépourvu de charge, peut, à la différence des corpuscules chargés, s'approcher très près de la surface nucléaire. Soit r la distance au centre nucléaire, assez petite pour qu'il y ait choc direct, et absorption du neutron. Dans un écran d'épaisseur x cm contenant n atomes par unité de volume ($n = \rho N/A$; ρ, A, densité et poids atomique de la substance, N nombre d'Avogadro) la probabilité pour que le neutron passe à cette distance r est $p = \pi r^2 nx$. Dans le cas du plomb, où l'on observe, au delà de $x = 30^{cm}$, une intensité de radiation encore notable, cela conduit à déterminer une distance r de choc direct de l'ordre de 5×10^{-13} cm, valeur comparable à celle des rayons nucléaires. Pour un rayonnement préalablement fortement filtré, il n'y aurait absorption du neutron que dans les chocs extrêmement intimes avec les noyaux, et ceci expliquerait les pouvoirs de pénétration considérables que nous signalions dans les fortes épaisseurs d'absorbant. Par contre, l'absorption comparativement plus intense qui a lieu dans les premiers centimètres de matière serait due à la filtration d'une partie beaucoup plus absorbable du rayonnement hétérogène (neutrons lents). On peut concevoir, par exemple, que ces neutrons lents subissent une diffusion latérale, sur les premières couches de matière, beaucoup plus intense que les corpuscules rapides.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le mécanisme de la décomposition des nitrocelluloses.* Note de M. **Desmaroux**, présentée par M. G. Urbain.

On peut considérer comme établis les points suivants :

1° Lorsqu'on chauffe du coton-poudre en fibres dans un courant de gaz CO^2 qui élimine exactement les produits de décomposition et empêche les réactions secondaires de s'établir, on constate que la quantité d'azote dégagé dans un temps donné est proportionnelle à la quantité de coton-poudre non encore décomposé, c'est-à-dire que le dégagement d'azote se représente par une fonction de la forme : $x = a(1 - e^{-\lambda t})$ identique à celle de la transformation d'un corps radioactif [1]. Il suit de là que le coton-poudre passe sans état transitoire de son état initial à son état final.

2° La poudre au coton-poudre, chauffée à 75°, perd du poids avec une

---

[1] Will, *Untersuchungen über die Stabilität von Nitrocellulose* (*Neubabelsberg*, 1901).

vitesse mesurable. Or, si l'on prend soin d'éliminer ces réactions secondaires des produits de décomposition (par l'addition de 2 pour 100 de nitrosodiphénylamine par exemple) et si l'on dose l'azote du coton-poudre après l'avoir soigneusement épuisé au chloroforme pour éliminer le stabilisant et probablement d'autres produits goudronneux de décomposition, on observe ([1]) que le taux d'azote du coton-poudre lavé ne s'abaisse que dans une mesure insignifiante, même après une année de chauffage à 75°.

3° Si l'on recueille les gaz dégagés par la poudre chauffée on constate une proportion considérable de gaz carbonés : 60 pour 100 de CO^2 environ et 10 pour 100 de CO ([2]). Il y a donc forte combustion du squelette carboné de la nitrocellulose avec réduction concomitante des radicaux nitrés.

4° Lorsqu'on chauffe des nitrocelluloses en fibres ou sous forme de brins de poudres, de pellicules, etc., on constate un abaissement très rapide de la viscosité. Il est même possible de baser sur cette observation une méthode de mesure de la stabilité (Duclaux). Il n'est pas douteux que cette baisse de viscosité ne suive une coupure de la chaîne de résidus de glucose qui forme la structure de la cellulose. Cette baisse de viscosité est en effet concomitante, dans les diagrammes de diffraction des rayons de Röntgen, d'une diminution de netteté des anneaux correspondant aux périodicités le long de l'axe de fibre.

5° La fixation du cuivre ammoniacal sur la cellulose ([3]) et la fixation des gélatinisants, comme le camphre ou la centralite ([4]) sur la nitrocellulose montrent que chaque anneau résiduel de glucose fonctionne comme s'il était seul, c'est-à-dire indépendamment de l'état plus ou moins saturé des anneaux voisins.

L'ensemble de toutes ces observations concorde pour indiquer que le phénomème principal dans la décomposition par la chaleur des nitrocelluloses, au moins dans le premier stade ([5]) consiste en une destruction par

---

([1]) Marqueyrol, *Étude de divers stabilisants* (*Mémorial des Poudres*, 23, 1928, p. 158).

([2]) D'après des expériences non publiées, voir également Desmaroux, *Émission gazeuse des poudres à la nitrocellulose chauffées* (*Mémorial des Poudres*, 22, 1926, p. 245).

([3]) Hess et ses collaborateurs, nombreux Mémoires.

([4]) Desmaroux, *Mémorial des Poudres*, 20, 1923, p. 70; 23, 1928, p. 54.

([5]) La vitesse des dégagements gazeux passe par un maximum. Après le maximum, on observe un changement de la composition des gaz. Marqueyrol a observé une forte dénitration (après saturation du stabilisant) qui doit être un phénomène analogue.

combustion partielle (par l'oxygène des radicaux nitrés) d'un des anneaux de résidu de glucose, d'où suit une coupure de la chaîne. Les autres anneaux ne doivent être tout d'abord que très peu modifiés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Perméabilité sélective et polarisation des membranes.* Note de M[lle] **Choucroun**, présentée par M. Jean Perrin.

La différence de potentiel par contact entre deux solutions inégalement concentrées d'un même électrolyte peut changer quand le contact se produit au travers des interstices d'une membrane (telle que vessie de porc) ou d'un diaphragme poreux. Cette variation mesure la polarisation de la membrane (1).

J'ai montré que cette polarisation, déterminée par la charge des parois de la membrane, est d'autant plus forte que le calibre des pores est plus petit (2).

I. En l'absence de membrane, le champ est dû à ce que les ions les plus mobiles prennent l'avance. En cloisonnant par des diaphragmes à parois positives (gelées acides) ou à parois négatives (gelées alcalines), j'ai pu mettre en évidence, respectivement, un *retard dans la progression* des ions H^+ ou OH^-, qui, malgré leur extrême mobilité, se laissent même parfois devancer par les ions Cl^- ou K^+, le voltage du couple liquide se trouvant alors inversé.

Dans le cas du chlorure de potassium, où les mobilités des deux ions sont égales et la force électromotrice du couple liquide nulle, l'introduction du diaphragme faisait apparaître une différence de potentiel expliquée par le retard de la progression des ions K^+ dans la gelée positive ou des ions Cl^- dans la gelée négative (3).

Précisant les conditions de cette perméabilité sélective, j'ai observé que la force électromotrice d'un couple liquide ne variait pas toujours par l'interposition d'une membrane chargée et j'ai pu établir que la polarisation de la membrane chargée ne se produisait que lorsque la charge de la paroi était la même que celle de l'ion le plus mobile (4).

(1) Pierre Girard, *Journal de Chimie physique*, 17, 1920, p. 383.
(2) M[lle] Choucroun, *Journal de Chimie physique*, 20, 1923, p. 430.
(3) M[lle] Choucroun, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 502.
(4) M[lle] Choucroun, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1548.

Ceci pouvait se comprendre si l'on pense que le diaphragme, grâce à la charge des parois de ses pores, gêne la progression de celui des deux ions de l'électrolyte qui a le même signe que cette charge. Il en résulte un abaissement de différence de potentiel quand c'est le plus rapide des deux ions qui a le signe de la charge de la paroi du diaphragme.

Dans le cas contraire, la différence de potentiel ne varie pas, mais la diffusion du sel dans son ensemble est retardée, comme je l'ai montré pour les ions ferrocyanure et néodyme diffusant respectivement au travers de gelées négatives et positives [1] (et ceci grâce au frottement exercé par les charges de la paroi contre l'ion le moins mobile, de même signe qu'elle).

II. Ces résultats auraient pu être prévus (Francis Perrin). Si l'on admet en effet qu'une paroi chargée modifie la mobilité des ions de même signe et ne change pas celle des ions de signe opposé, et si l'on se rapporte aux équations classiques de Nernst, on trouve que le coefficient de diffusion varie beaucoup seulement dans le cas où la membrane chargée ralentit la mobilité de l'ion le moins mobile, et que le voltage varie beaucoup seulement quand la membrane chargée ralentit la mobilité de l'ion le moins mobile.

Cet argument rendait vraisemblables pour tous les sels et tous les ions les résultats trouvés avec les diaphragmes de gélatine.

III. On m'avait objecté que les faits observés pouvaient tenir aux propriétés spécifiques de la gélatine et en particulier aux propriétés amphotères de ce corps.

J'ai donc étudié diverses parois de nature profondément différente : l'*agar-agar*, le *chlorure de chrome*, l'*alumine calcinée* et le *graphite*, ces parois ayant en commun avec la gélatine la propriété de donner des diaphragmes à parois chargées positivement en milieu acide ou négativement en milieu alcalin, comme on peut s'en assurer par des mesures d'*osmose électrique* (JEAN PERRIN, *Journal de Chimie physique*, 2, x, 1904-1905, et 3, 1) au travers de tels diaphragmes. Il fallait, comme pour l'osmose électrique, avoir des parois qui fussent « propres » ce qui implique un nettoyage très rigoureux (par exemple, j'ai dû laver du graphite, dit pur, une trentaine de fois avec de l'acide nitrique et de l'eau distillée avant d'obtenir une paroi dépourvue d'impuretés). Dans ces conditions les parois obtenues, neutres en milieu neutre, étaient nettement positives en milieu acide (N/1000) et nettement négatives en milieu alcalin (N/1000). On constituait alors des diaphragmes avec ces poudres chargées en les tassant

(1) Mlle CHOUCROUN, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 296.

par centrifugation au fond d'un tube en U. Dans chaque expérience on substituait au siphon libre qui permet la mesure du voltage du couple liquide non cloisonné l'un des diaphragmes chargés. Il fallait naturellement autant de membranes d'une même sorte qu'il y avait de sels à étudier.

Dans ces conditions, j'ai retrouvé avec ces diaphragmes variés les mêmes résultats qu'avec la gélatine. Il semble bien alors que l'on puisse énoncer la règle générale suivante :

Si deux solutions inégalement concentrées d'un même électrolyte sont mises au contact au travers d'une membrane (diaphragme poreux) cette membrane se polarise seulement quand la charge de la paroi des pores et celle de l'ion le plus mobile de l'électrolyte sont de même signe.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation de lanthane métallique exempt de fer et de silicium.* Note de M. **Félix Trombe**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons réalisé, M. Billy et moi, sous la direction de M. Urbain, la préparation du cérium métallique pur ([1]), même à partir d'une petite quantité (2^g) de son chlorure fondu; la méthode employée dans ces recherches a permis aussi de réaliser la préparation du lanthane métallique exempt de fer et de silicium.

Généralement le lanthane à l'état compact est obtenu par l'électrolyse de son chlorure ou de son fluorure fondus, additionnés ou non de chlorures alcalins ou alcalino-terreux.

Hildebrand et Norton ([2]) ont obtenu les premiers du lanthane métallique compact dans un creuset d'argile en utilisant une cathode en fer et une anode en platine.

Muthmann, Hofer et Weiss ([3]) électrolysèrent le chlorure fondu en creuset de carbone ou de fer et également en creuset de sels solidifiés; le courant utilisé était de 56 ampères, la tension de 25 volts. Muthmann et Weiss ([4]) utilisent moins d'énergie électrique; ils refondent le métal obtenu, pour le purifier dans un creuset de magnésie. Muthmann et Scheide-

([1]) Maurice Billy et Félix Trombe, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 421.
([2]) Hildebrand et Norton, *Ann. Phys. Chem. Poggendorf*, 156, 1875, p. 466.
([3]) Muthmann, Hofer et Weiss, *Liebigs Ann.*, 325, 1902, p. 262.
([4]) Muthmann et Weiss, *Liebigs Ann.*, 331, 1904, p. 146.

mantel [1] ont fait l'électrolyse de l'oxyde de lanthane dissous en petite quantité dans le fluorure fondu. Schumaker et Harris [2] électrolysent le chlorure fondu en creuset de carbone.

Kremers et Stevens [3] utilisent aussi le chlorure fondu dilué par 10 pour 100 de chlorure de sodium pour la préparation du lanthane. D'après ces auteurs, les cathodes employées sont successivement en fer, en tungstène et en carbone. Ils donnent des constantes physiques du métal purifié : point de fusion : 826°; densité : 6,1598; dureté Brinell, 500^{kg} : 37.

Le chlorure anhydre employé pour nos essais d'électrolyse a été préparé à partir d'un nitrate double de lanthane et d'ammonium pur, obtenu par M. Takvorian.

La composition du bain d'électrolyse est constante pour tous les essais et comporte : 60 pour 100 de chlorure anhydre de lanthane, 35 pour 100 de chlorure de potassium et 5 pour 100 de fluorure de calcium précipité.

Le dispositif d'électrolyse est constitué par un creuset de carbone servant d'anode; contenant dans sa partie inférieure un creuset de quartz ou de fluorine [4] (*b*) destiné à recueillir le métal déposé sur la cathode et à l'empêcher d'entrer en contact avec le tube de carbone; au centre du creuset (*b*) descend une cathode tournante, en molybdène, protégée dans sa partie supérieure par un tube de quartz ou de fluorine; la cathode tourne (au moins) à raison de un tour par seconde; cette rotation est indispensable pour assurer l'homogénéité du bain et l'agglomération du métal.

La température qui doit être maintenue entre 960 et 980° est contrôlée par un couple thermo-électrique placé dans la partie inférieure du creuset de carbone (anode).

Le courant employé est environ de 12 ampères pour 25^g de chlorure de lanthane mis en œuvre : la tension moyenne d'électrolyse est de 7 volts. La densité cathodique est voisine de 4 ampères par centimètre carré.

Le métal obtenu représente 65 pour 100 du poids du métal contenu dans le bain.

Cette électrolyse a pu encore être réalisée avec le rendement indiqué en employant un poids de chlorure de lanthane ne dépassant pas $2^g,5$; le poids de métal obtenu était alors $0^g,9$.

---

(1) Muthmann et Scheidemantel, *Liebigs Ann.*, 355, 1907, p. 116.
(2) Schumaker et Harris, *Am. chem. Soc.*, 48, 1926, p. 3108.
(3) Kremers et Stevens, *Am. chem. Soc.*, 45, 1923, p. 614.
(4) Damiens, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1235.

L'examen spectrographique du métal fait par M. Pied a permis de constater l'absence de calcium et d'aluminium et la présence de silicium.

Dans le métal préparé en creuset de quartz, la teneur en silicium varie de 0,9 à 0,3 pour 100 de Si. Dans le métal préparé en porcelaine de fluorine la teneur en silicium est inférieure à 0,05 pour 100, et la teneur en fer varie suivant les traitements préliminaires du creuset de carbone de 0,1 pour 100 à 0,006 pour 100.

Sur les échantillons les plus purs obtenus nous avons pris les constantes suivantes :

Point de fusion	885 ± 5°
Dureté Brinell (bille de 5^{mm}, 250^{kg})	36
Densité dans le tétrachlorure de carbone	6,139

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mécanisme de l'action de dédoublement des éthers-sels en présence d'alcool en milieu faiblement alcalin.* Note (¹) de M. E.-M. BELLET.

Nous avons montré (*Comptes rendus*, 193, p. 1020) que l'action de dédoublement qui se produit quand un éther-sel se trouve en présence d'alcool à poids moléculaire plus faible en milieu faiblement alcalin est d'autant plus grande que la différence des poids moléculaires entre l'alcool de l'éther et l'alcool libre est plus grande.

Mais le mécanisme de ces réactions était assez incertain. Certains auteurs, en particulier Kremann (*Mon. f. Ch.*, 26, p. 783), attribuent cette réaction à une action catalytique, mais sans en expliquer le mécanisme. Haller, étudiant des réactions semblables en milieu acide (*Comptes rendus*, 1906, p. 859), y voyait également une action catalytique.

Or, reprenant le problème par une étude très précise des différents rendements en fonction du temps et de la quantité d'alcali mis en jeu, nous avons pu constater qu'il ne s'agit pas d'un phénomène catalytique à proprement parler et qu'en milieu alcalin tout au moins, cette réaction comprend deux phases très distinctes.

Tous les essais ont porté sur 1/10ᵉ de molécules d'acétate de benzyle en présence de 50^{cm^3} d'alcool et de quantité d'alcali de l'ordre de 1, 2, 3 pour 100 de la quantité nécessaire à une saponification totale.

(¹) Séance du 18 avril 1932.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

Durée de chauffage.	Essai à 1 pour 100.	Essai à 2 pour 100.	Essai à 3 pour 100.
1 heure	12,1	20,5	32,4
2 heures.............	22,0	38,0	62,1
3 »	23,0	38,2	62,4
6 »	24,1	39,0	63,2
12 »	26,4	42,0	66,1
24 »	31,2	47,5	72,2

Ces résultats portés sur un même graphique montrent, dans chaque cas, l'existence de deux phases différentes : l'une très rapide terminée sensiblement au bout de 2 heures, l'autre beaucoup plus lente et à peu près semblable dans tous les cas.

Interprétation de la première phase. — En suivant les variations du pH dans ces différentes solutions en cours de transformation nous avons constaté que ce dernier varie sensiblement dans le même sens que le rendement durant cette première phase.

Nous avons en effet trouvé les variations suivantes mesurées par méthode électrométrique :

Pour 1 pour 100 d'alcali	au bout de	30 minutes......	pH > 10
»	»	1 heure........	pH = 9
»	»	1 heure 30.....	pH = 8
»	»	2 heures.......	pH = 7,1

L'alcalinité disparaît donc en même temps que cesse la phase rapide de réaction.

Il est donc logique d'admettre que c'est précisément la disparition de l'alcalinité dans le milieu qui arrête cette phase rapide.

Interprétation de la deuxième phase. — Cette seconde phase semble identique dans les trois cas considérés. Les trois courbes représentatives se trouvent simplement décalées les unes par rapport aux autres selon la proportion d'alcali mis en jeu. Et nous avons vérifié qu'en milieu neutre, sans alcalinité initiale, la réaction se produit encore avec la même allure lente constatée dans chacune des secondes phases précédentes.

C'est ainsi que sans alcali nous avons trouvé :

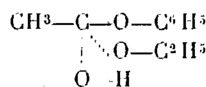
Au bout de 6 heures	de chauffe.........	2,4	pour 100 d'acétate d'éthyle
» 12	»	3,8	»
» 24	»	7.7	»

Tous ces résultats nous ont amené à émettre l'interprétatiou suivante :

La réaction se ferait par l'intermédiaire de la double liaison du complexe C = o de la fonction éther-sel.

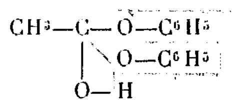
Cette double liaison, stable en milieu neutre, deviendrait mobile en milieu alcalin et acide. Elle fixerait alors très facilement une molécule d'alcool selon le schéma suivant :

1° Phase additive :



Puis le radical alcool le plus lourd s'éliminerait avec formation, dans ce cas particulier, d'acétate d'éthyle et d'alcool benzylique selon le schéma suivant :

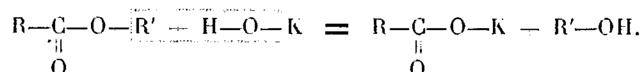
2° Phase d'élimination :



Mais l'alcali, agissant également pour son propre compte comme saponifiant, disparaît assez vite. A ce moment, l'aptitude additive de la double liaison disparaît presque entièrement; la même réaction se produit encore mais beaucoup plus lentement.

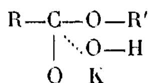
Cette dernière phase n'est pas observée dans les réactions d'Haller en milieu acide, car, ici le milieu restant acide, rien ne vient freiner la réaction.

Enfin, si nous admettons cette hypothèse, il serait logique, en raisonnant par analogie, de donner une interprétation nouvelle du phénomène de saponification ordinaire, généralement considéré comme s'effectuant en une phase selon le schéma

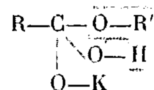


et l'on devrait l'interpréter comme se faisant en deux phases :

Dans une première phase, purement additive, il y aurait fixation de la molécule d'alcali sur la double liaison du complexe C=O,



Puis, dans une deuxième phase, élimination de l'alcool R'—OH,



On arrive évidemment au même résultat sauf que, d'après notre hypothèse, ce ne serait plus, après saponification, le même atome d'oxygène qui serait doublement lié à l'atome de carbone.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques combinaisons des bases arsoniums.* Note [1] de M. L. CAPATOS, présentée par M. G. Urbain.

Parmi les polyhalogénures des bases arsoniums on connaît seulement les triodures, les pentaiodures et les ennéaiodures. A notre connaissance le dichloroiodure et le dibromure de tétraméthylarsonium n'ont pas encore été préparés.

Dichloroiodure de tétraméthylarsonium $(CH^3)^4AsICl^2$. — En traitant une solution d'iodure de tétraméthylarsonium dans l'alcool méthylique par un courant de chlore, il se sépare d'abord de l'iode; un excès de chlore le dissout et la solution évaporée abandonne des paillettes jaunes, solubles dans l'alcool méthylique et éthylique et l'acide acétique, peu solubles dans l'eau. Point de fusion : 121-122°

$(CH^3)^4AsICl^2$	Trouvé.	Calculé.
Cl pour 100	21,25	21,31

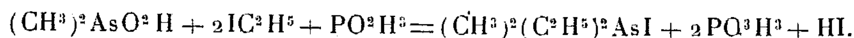
Dibromoiodure de tétraméthylarsonium $(CH^3)^4AsIBr^2$. — Soumis à l'action des vapeurs de brome, l'iodure de tétraméthylarsonium se transforme en un liquide rouge qui cristallise en longues aiguilles. En recristallisant dans l'alcool méthylique on obtient des prismes orangés, insolubles dans le tétrachlorure de carbone et l'eau, solubles dans l'alcool méthylique et l'acide acétique. Exposée à l'air cette combinaison perd du brome. Point de fusion : 126°-127°.

$(CH^3)^4AsIBr^2$	Trouvé.	Calculé.
Br pour 100	38,10	37,48

[1] Séance du 22 février 1932.

Pour analyser les polyhalogénures, on les dissout dans l'alcool méthylique, on ajoute un excès d'une solution d'iodure de potassium. L'halogène oxydant libère quantitativement l'iode, qui est titré par l'hyposulfite.

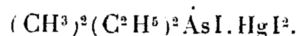
Iodure de diméthyldiéthylarsonium $(CH^3)^2(C^2H^5)^2AsI$. — L'iodure de diméthyldiéthylarsonium a été préparé par Cahours [1] en faisant agir l'iodure d'éthyle sur le cacodyle. On l'a préparé en appliquant la méthode de M. V. Auger [2] à la préparation de cet iodure et par la réaction suivante :



$$(CH^3)^2AsO^2H + 2IC^2H^5 + PO^2H^3 = (CH^3)^2(C^2H^5)^2AsI + 2PO^3H^3 + HI.$$

On a employé le cacodylate de sodium, et l'iodure d'arsonium est précipité par la soude caustique solide et recristallisé dans l'alcool méthylique en paillettes blanches prismatiques.

Iodure de diméthyldiéthylarsonium et iodure de mercure :

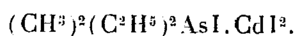


$$(CH^3)^2(C^2H^5)^2AsI.HgI^2.$$

A une solution de HgI^2 dans l'iodure de potassium acidulée par l'HCl on ajoute l'iodure d'arsonium. Le précipité est recristallisé dans l'alcool bouillant. On obtient le même produit en mélangeant les solutions alcooliques de l'iodure d'arsonium et de l'iodure de mercure. On a des paillettes légèrement jaunes très réfringentes. Point de fusion : 253°-254°.

$(CH^3)^2(C^2H^5)^2AsI.HgI^2$	Trouvé.	Calculé.
I pour 100	51,40	51,10
Hg »	26,70	26,90

Iodure de diméthyldiéthylarsonium et iodure de cadmium :



$$(CH^3)^2(C^2H^5)^2AsI.CdI^2.$$

On mélange les solutions alcooliques d'iodure d'arsonium et d'iodure de cadmium, on obtient un précipité blanc qui recristallise en aiguilles dans l'alcool bouillant :

$(CH^3)^2(C^2H^5)^2AsI.CdI^2$	Trouvé.	Calculé.
I pour 100	57,75	58,0

(1) Cahours, Riche, *Liebig's Ann.*, **92**, 1854, p. 362; **122**, 1862, p. 209.

(2) V. Auger, *Comptes rendus*, **142**, 1906, p. 1153.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation du sulfure de diphénylène.* Note (¹) de MM. **Ch. Courtot**, **M. Chaix** et **L. Nicolas**, présentée par M. Delépine.

La curieuse déshydratation de la diphénylsulfinone en sulfure de diphénylène, sous l'action de l'amidure de sodium, due à Schönberg (²) nous a permis de préparer plusieurs kilogrammes de sulfure de diphénylène et d'apporter une contribution à la chimie de cet intéressant produit (³).

Mais les rendements, dans cette opération, sont loin d'être quantitatifs et si le mécanisme de cette déshydratation nous échappe encore, du moins avons-nous voulu chercher les produits secondaires qui se forment.

Schönberg effectue la déshydratation de la diphénylsulfinone en milieu toluénique bouillant. Le rendement n'atteint que 25 pour 100 en produit brut. Dans une série de préparations, dont le détail sera donné dans un autre Recueil, nous avons étudié les solvants organiques suivants : benzène, toluène, xylènes. Nous sommes arrivés à un rendement sensiblement constant de 30-32 pour 100 *en produit pur.*

Voici le mode opératoire auquel nous nous sommes arrêtés : dans un ballon à trois tubulures, pourvu au centre d'un agitateur mécanique, on place 404^{g} de diphénylsulfinone et 1400^{cm^3} de benzène. Une tubulure porte un réfrigérant ascendant, la seconde un thermomètre à zéro relevé, la troisième enfin est munie d'un simple bouchon de liège et permet d'introduire dans le mélange bouillant (réactifs et appareils rigoureusement secs), 200^{g} d'amidure de sodium par portions de 40^{g}, à une demi-heure d'intervalle. Après la dernière addition, on continue à chauffer 8 heures à l'ébullition. On essore à chaud le produit de la réaction, lave le résidu solide (R) au benzène bouillant, sur essoreuse, très soigneusement, jusqu'à ce que le filtrat passe incolore. Du liquide filtré, nous éliminons le benzène par distillation et obtenons une huile noirâtre qui se prend en masse au refroidissement.

Ce produit brut est soumis à une distillation sous vide de 12^{mm} environ. Il passe d'abord quelques gouttes de benzène, puis entre 80 et 85° une huile

(¹) Séance du 2 mai 1932.

(²) *D. ch. Ges.*, 56, 1923, p. 2275, et *Chemisches Zentralblatt*, 1926, 1, p. 2840; D. R. P. 426.476.

(³) Courtot et Pomonis, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 893 et 931; Courtot, L. Nicolas et Tchang Han Liang, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1624; Courtot et M. Chaix, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1667.

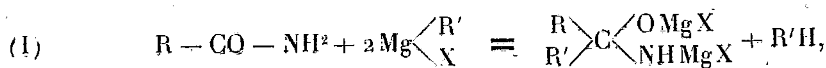
caractérisée comme *aniline* par la transformation en acétanilide et par la formation de colorants. Ensuite, le thermomètre monte assez rapidement et régulièrement. Nous recueillons ce qui passe jusqu'à 220-225°. Il reste à ce moment, dans le rectificateur, une huile sulfurée, très noire, qui se décompose si l'on tente de pousser la distillation. La portion recueillie de 90° à 225° cristallise dans le ballon récepteur, les cristaux étant cependant jaunâtres, légèrement gras. On dissout le tout dans l'acool bouillant. Par refroidissement, on obtient une masse cristalline, blanchâtre, qui est essorée. Les cristaux sur essoreuse sont constitués par du sulfure de diphénylène légèrement souillé de diphénylsulfinone. Il suffit de laver à l'alcool froid pour éliminer la diphénylsulfinone et obtenir le sulfure de diphénylène $f = 97°$, tel qu'il est décrit dans la littérature. On en obtient ainsi 123^g, soit un rendement de 31,5 pour 100. De nombreuses cristallisations dans l'alcool chaud nous ont permis d'atteindre un point de fusion de 99°,5 (corr.). Le sulfure de diphénylène se présente alors en magnifiques petites aiguilles d'un blanc éclatant, L'alcool ayant servi à la cristallisation et aux lavages est chassé par distillation. Il reste un produit huileux constitué par de la diphénylsulfinone et du sulfure de phényle. On le sépare par cristallisations, puis distillations fractionnées.

En résumé, de la solution benzénique, on isole 123^g de sulfure de diphénylène, 34^g de sulfure de phényle, de l'aniline et l'on récupère 116^g de diphénylsulfinone.

Il reste sur le plateau de l'essoreuse, après les lavages au benzène, une masse noirâtre (R) constituée par de l'amidure de sodium inattaqué, de la soude, et différents produits organiques insolubles dans le benzène et dont plusieurs sont à l'état de dérivés sodés. On projette ce résidu, par toutes petites portions sur de la glace; l'hydrolyse est très vive au début, mais sa violence s'atténue par suite de l'augmentation de concentration en soude. L'hydrolyse est très calme en versant le résidu R sur du sulfate de sodium à 10 H^2O. La solution alcaline est très colorée en brun foncé et laisse flotter quelques résines noires. Soumise à des traitements appropriés, elle permet d'isoler du disulfure de phényle (fus. à 61°) 14^g, de l'acide benzènesulfinique (fus. à 83°) 26^g, une nouvelle portion d'aniline et des résines noires sulfurées dont nous n'avons pas, jusqu'ici, poursuivi l'étude.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du parabromanisylmagnésium sur la diméthylphénylacétamide.* Note ([1]) de Mme **Bruzau**, présentée par M. M. Delépine.

Béis ([2]) a indiqué que, lorsqu'on fait agir plus de deux molécules de composés organo-magnésiens mixtes sur une molécule d'amide, on obtient une cétone dont il explique la formation par les schémas suivants :



(I) $R-CO-NH^2+2\,Mg\langle^{R'}_{X} = {}^{R}_{R'}\rangle C\langle^{OMgX}_{NHMgX} + R'H,$

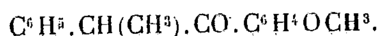


(II) ${}^{R}_{R'}\rangle C\langle^{OMgX}_{NHMgX} + 2H^2O = {}^{R}_{R'}\rangle C\langle^{OH}_{NH^2} + (HO)^2Mg + X^2Mg,$



(III) ${}^{R}_{R'}\rangle C\langle^{OH}_{NH^2} = R-CO-R'+NH^3.$

Mlle Lévy et M. Jullien ([3]) ont appliqué avec succès cette méthode à un certain nombre d'amides α disubstituées et ont signalé dans quelques cas une formation accessoire de nitrile aux dépens d'une partie de l'amide. Cette dernière réaction devient prépondérante lorsqu'on s'adresse aux amides α trisubstituées. Mme Ramart-Lucas et ses collaborateurs ([4]) ont étudié l'action de C^6H^5MgBr et de C^2H^5MgBr sur ces composés. Ils ont montré que si les trialcoylacétamides donnent de la cétone et du nitrile en quantités variables avec les poids moléculaires des radicaux et la nature du magnésien, les phényldialcoyl et diphénylalcoylacétamides ne permettent d'isoler que du nitrile. Nous pensions que, comme ses homologues supérieurs, la diméthylphénylacétamide ne donnerait aussi que le nitrile; ayant fait réagir le *p*-bromanisylmagnésium sur de la monométhylphénylacétamide souillée d'un peu de dérivé diméthylé lequel ne devait pas gêner, nous espérions n'obtenir que la cétone



$$C^6H^5.CH(CH^3).CO.C^6H^4OCH^3.$$

Or nous avons constaté parmi les produits de la réaction la présence d'une certaine quantité de cétone α trisubstituée. De plus, lors de la reprise par

([1]) Séance du 2 mai 1932.

([2]) Béis, *Comptes rendus*, 137, 1903, p. 575.

([3]) Mlle J. Lévy et M. P. Jullien, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 45, 1929, p. 941.

([4]) Mme Ramart-Lucas, Mlle Laclotre, M. Anagnostopoulos, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 282.

l'eau acide du complexe magnésien, nous avons observé l'apparition d'une couche visqueuse ayant tous les caractères d'un sel de cétimine. Pour vérifier ces deux faits nous avons étudié l'action de $CH^3OC^6H^4MgBr$ sur de la diméthylphénylacétamide pure. Nous avons pu isoler le bromhydrate de cétimine qui, hydrolysé, nous a donné la cétone α trisubstituée.

Le *p*-bromanisylmagnésium étant préparé au sein de l'éther anhydre, l'amide finement pulvérisée est introduite peu à peu; la réaction est vive. On ajoute du xylène anhydre et l'on distille l'éther. On chauffe 7 heures au bain d'huile. Le produit de la réaction versé sur un mélange de glace et de NH^4Cl est épuisé plusieurs fois rapidement avec de l'éther. Les solutions éthérées sont séchées et soumises à un courant de gaz bromhydrique sec; elles laissent peu à peu déposer des cristaux insolubles dans l'éther, solubles dans l'alcool absolu et dans le chloroforme.

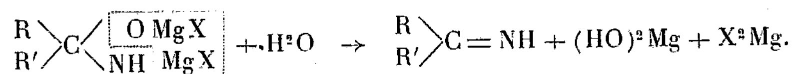
Purifiés par dissolutions dans le chloroforme suivies de précipitations par l'éther anhydre ils fondent à 205-206°. Un dosage de brome permet de leur attribuer la formule $C^6H^5.C(CH^3)^2.C.(C^6H^4OCH^3):NH, HBr$. Hydrolysés par chauffage avec de l'acide chlorhydrique au 1/5e ils donnent des cristaux de cétone fondant, après purification, à 100-101°. Le point de fusion du mélange avec les cristaux de la *p*-anisyl-1-phényl-2-méthyl-2-propanone-1, préparée à partir du diméthylcyanure de benzyle ([1]) n'est pas abaissé. C'est donc bien le même corps. Le traitement des solutions séparées du précipité de bromhydrate de cétimine fournit du xylène, de l'anisol, très peu de nitrile et une petite quantité d'un mélange de dianisyle et de cétone.

La réaction de la diméthylphénylacétamide sur $CH^3OC^6H^4MgBr$ est donc nettement différente de celle de ses homologues immédiatement supérieurs sur C^6H^5MgBr. Une étude plus complète de cette réaction nous permettra de déterminer si cette différence d'action tient à la constitution de l'amide ou à celle de l'halogénure d'arylmagnésium.

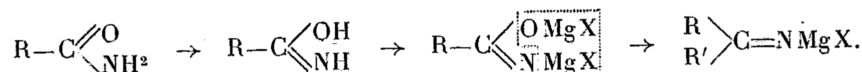
Observons (*loc. cit.*) que les rendements en cétone vont en croissant si, au lieu de C^6H^5MgBr, on fait réagir sur le diméthylcyanure de benzyle $CH^3C^6H^4MgBr$ et $CH^3OC^6H^4MgBr$. D'autre part, l'hydratation du monométhylcyanure de benzyle en vue d'obtenir l'amide est beaucoup plus facile que celle du dérivé monoéthylé. On peut donc penser que les deux facteurs interviennent pour favoriser la réaction.

([1]) Mme Bruzau, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 496.

MM. Ch. Moureu et G. Mignonac [1] ont montré que la cétimine était le premier produit de la destruction par l'eau du composé formé lors de l'action des organo-magnésiens mixtes sur les nitriles, mais il ne semble pas que ce fait ait été signalé dans le cas des amides. On peut l'expliquer en modifiant ainsi l'équation (II) de Béis :



On pourrait aussi supposer une formation première de nitrile d'après le mécanisme indiqué par Mme Ramart-Lucas. Un excès de réactif le transformerait en cétimine puis en cétone :

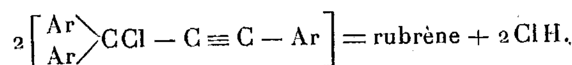


CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxydes organiques dissociables-X. Trois diméthylrubrènes isomériques,* $C^{44}H^{32}$; *leurs oxydes dissociables.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Maurice Loury**, présentée par M. Delépine.

Les phénomènes d'isomérie offrent un moyen très sûr d'éprouver la valeur des formules de constitution : en fait, la confiance qu'inspirent les structures fondamentales, classiques, de la chimie organique tient surtout à leur bon accord avec les prévisions touchant l'isomérie.

Aussi n'avons-nous pas manqué de nous préoccuper de soumettre à cette épreuve la formule du rubrène que nous avions établie par les voies habituelles, c'est-à-dire par dégradation, puis par synthèse : le présent exposé résume l'idée directrice et les données des expériences que nous comptons prendre ultérieurement pour bases de discussion.

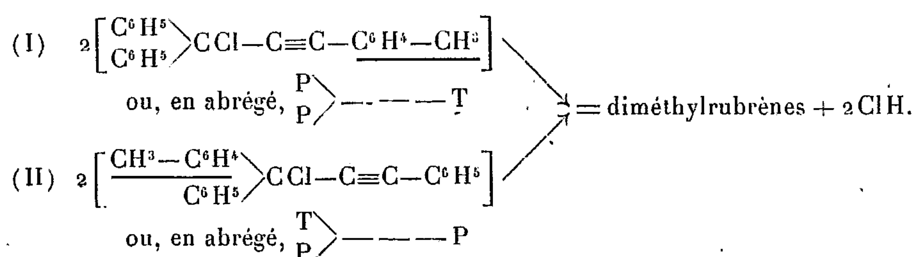
a. Il n'est pas douteux, par exemple, que notre formule doive imposer certaines restrictions à la production d'isomères dans la réaction génératrice normale des rubrènes, réaction schématisée dans l'équation suivante, où Ar désigne un reste arylé quelconque :



(1) Charles Moureu et Georges Mignonac, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1801.

Quand les trois aryles sont des phényles, on a le rubrène ordinaire pour lequel notre formule ne laisse pas prévoir la production d'isomères, tout au moins par cette voie : effectivement, malgré des recherches minutieuses, le rubrène ordinaire s'est toujours manifesté comme unique de son espèce.

Il n'en est plus ainsi quand on vient à substituer un tolyle à l'un des trois phényles, et l'on imagine aisément en outre que les produits issus de la réaction puissent n'être pas les mêmes suivant que le tolyle remplace l'aryle solitaire de l'extrémité droite de la formule (équation I) ou l'un des aryles géminés de l'extrémité gauche (équation II) :



La réaction (I), effectuée de bonne heure [1], [2], a fourni un diméthylrubrène et un seul. Quant à la réaction (II), elle nous a tenus en échec jusqu'à ces derniers temps. On obtenait bien une résine manifestant sans ambiguïté les caractères des rubrènes [2], mais, malgré des efforts prolongés auxquels plusieurs chercheurs ont participé à tour de rôle, rien de cristallisable ne pouvait en être retiré. Ce n'est qu'à la longue, grâce aux progrès réalisés journellement au laboratoire dans la technique de synthèse des rubrènes, que nous avons enfin réussi à isoler successivement les corps définis, décrits ci-dessous.

b. Les diméthylrubrènes, $C^{44}H^{32}$, que nous venons d'extraire des produits de la réaction II, sont au nombre de trois. Ils fondent respectivement à 205°, 273° et 321° (fusions instantanées sur bloc à revêtement d'or) et possèdent les propriétés caractéristiques des corps de la famille du rubrène : leurs solutions, roses et fluorescentes, ont un spectre d'absorption à trois bandes (*fig.* 1) et se décolorent à l'air par irradiation avec formation d'oxydes dissociables.

L'oxyde du premier, $C^{44}H^{32}O^2[1/2(C^2H^5)^2O]$, préparé dans l'éther,

---

(1) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et A. Willemart, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 266.

(2) A. Willemart, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 385; *Thèse*, Paris, 1929, et *Ann. Chim.*, 12, 1929, p. 360.

s'est dissocié à 150° en libérant de l'oxygène au titre de 94 pour 100 et avec un rendement de 63,7 pour 100 du rendement théorique. L'oxyde du second, de même formule que le précédent, $C^{44}H^{32}O^{2}[1/2(C^{2}H^{5})^{2}O]$, s'est décomposé de même manière; l'oxygène, recueilli dans la proportion de 66 pour 100 des chiffres théoriques, titrait 90 pour 100. Enfin l'oxyde du troisième, $C^{44}H^{32}O^{2}(C^{6}H^{6})$, préparé dans le benzène, a abandonné son oxygène vers 160° dans la proportion de 70 pour 100 et sous un titre de 94,5 pour 100.

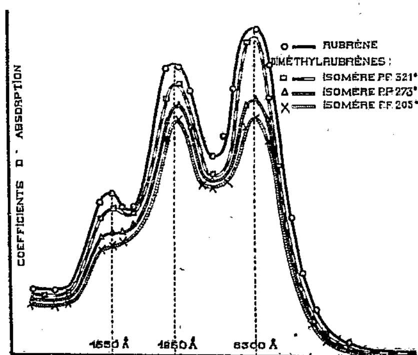


Fig. 1. — Courbes d'absorption comparées du rubrène ordinaire et des trois diméthylrubrènes.

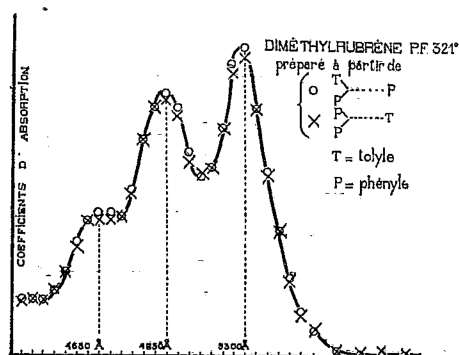


Fig. 2. — Comparaison des courbes d'absorption des deux diméthylrubrènes, d'origines différentes, qui fondent l'un et l'autre à 321°.

Le troisième hydrocarbure, celui qui fond à 321°, présente la plus grande ressemblance avec le diméthylrubrène obtenu antérieurement par la réaction (I) (*loc. cit.*) et auquel il a été fait allusion plus haut. L'identité de ces deux corps ne saurait faire de doute, malgré leurs origines si différentes : ils forment dans les divers solvants des cristaux de mêmes facies, ils ont la même courbe d'absorption (*fig.* 2), la même allure dans leur oxydabilité réversible et enfin les mêmes températures de fusion aussi bien en mélange qu'isolément (au bloc Maquenne, et au bain d'huile).

Les réactions (I) et (II) aboutissant ainsi à un terme commun, le diméthylrubrène fondant à 321°, nous avons recherché s'il n'en était pas de même pour les autres isomères. A cet effet, des amorces cristallines de chacun d'eux ont été portées dans les résidus incristallisables laissés par la réaction (I). Comme il ne s'est rien précipité, on peut admettre que les deux autres hydrocarbures sont propres à la réaction (II).

Tels sont les faits que nous comptons maintenant confronter avec les prévisions déduites de la formule des rubrènes.

MINÉRALOGIE. — *L'action de la chaleur sur la fluorine.*
Note (1) de M. L. **Domange**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On sait que les cristaux de fluorine présentent la propriété d'éclater en multiples fragments sous l'influence d'une élévation de température, et la cause de ce phénomène, qui s'accompagne d'une luminescence caractéristique, n'a pu encore être déterminée.

Kenngott (2), Wyrouboff (3) ont remarqué que certains échantillons de cette substance accusent en outre une perte de poids par chauffage, les cristaux se décolorant en même temps. D'après Wyrouboff, ils contiennent des matières organiques, et même le dosage du carbone a pu être réalisé par cet auteur.

Nous avons repris l'étude de ce phénomène, et tout d'abord nous avons mesuré les pertes de poids dans le vide, au lieu d'opérer dans l'air ou dans l'oxygène comme le faisait Wyrouboff, et nous avons pu ainsi extraire et analyser les gaz dégagés pendant le chauffage.

Des mesures précises sont d'ailleurs rendues délicates par la violence même de l'explosion. En opérant sur de petits fragments de 2 à 3^{mm}, il y a des pertes de matière par projection, même en utilisant des groupes de trois tubes emboîtés les uns dans les autres. Nous avons pu faire des mesures concordantes en opérant sur de la fluorine préalablement pulvérisée et traversant le tamis 150. Il est d'autre part indispensable de ne laisser rentrer dans l'appareil que de l'air rigoureusement sec, car la fluorine pulvérisée et séchée se montre avide d'eau.

La matière en expérience était disposée à l'intérieur d'un tube de quartz chauffé électriquement, le four portant deux tubulures latérales, disposées de manière à permettre l'observation de la substance par une méthode stéréoscopique. Le tube de quartz était relié à un condenseur refroidi, à un manomètre et à une trompe à mercure.

Nous avons ainsi observé que la fluorine subit une première perte de poids par chauffage de 1 heure à 150°, ce qui correspond à une élimination d'eau. Celle-ci est recueillie dans le condenseur à —80°. Une deuxième perte de poids est notée à 400°, et s'accompagne d'un très faible dégagement gazeux.

(1) Séance du 2 mai 1932.
(2) C.-A. Kenngott, *Sitzber. Akad. Wien*, 10, 1853, p. 296; 11, 1853, p. 16.
(3) Wyrouboff, *Bull. Soc. chim.*, 5e série, 2, 1866, p. 334.

Un chauffage plus intense à 700°, ou plus prolongé à des températures inférieures, ne provoque plus de variation de poids ni d'émission de gaz.

Nos résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous, qui est relatif à des échantillons différents de fluorine, presque tous recueillis dans des gisements français. Pour les sept premiers, l'ordre de grandeur des différences de poids constatées est comparable, ainsi que les volumes de gaz recueillis.

Les températures correspondant au début de la luminescence sont presque toujours intermédiaires entre 200 et 220°. Elles s'élèvent toutefois à 300° pour un échantillon jaune vert de Clermont-Ferrand (n° 3) et pour une fluorine violette très impure de Langeac (Haute-Loire) (n° 8). Le phénomène se poursuit jusqu'à une température plus ou moins élevée, selon l'échantillon. Dans tous les cas, la lumière émise est violette, sauf pour l'échantillon n° 3, où la lueur a été d'abord vert clair avant de devenir violette.

L'intensité de la luminescence est très variable d'une espèce à l'autre. Très faible pour la fluorine jaune (n° 4), elle est relativement importante pour la fluorine américaine de New-Mexico (n° 5).

Nos.	Silice pour 100.	Début de luminescence à 10° près. Couleur observée.	Poids en grammes.	Pertes pour 100 à 150°.	Pertes pour 100 à 400°.	Volume de gaz recueilli en cm³.	Densité avant chauffage.	Densité après chauffage 1 h. à 400°.
1.	0,065	200-220° violette	8,9196	0,029	0,0067	0,13	3,182	3,180
2.	0,21	200° violette	7,6068	0,034	0,0066	0,13	3,178	3,180
3.	0,05	300° vert clair, puis violette	6,2445	0,057	0,029	0,21	3,176	3,174
4.	0,06	220° violette, peu luminescente	9,1658	0,013	0,015	0,08	3,178	3,179
5.	1,12	215° violette, très luminescente	9,4264	0,032	0,017	0,075	3,172	3,173
6.	0	210° violette, peu luminescente	8,3105	0,035	0,013	0,08	3,176	3,177
7.	0	210° violette, peu luminescente	9,3694	0,035	0,019	0,1	3,182	3,181
8.	15	300° violette, peu luminescente	4,8926	0,54	0,051	»	3,004	3,027
			110	»	»	2,6	»	»

Couleur et origine. — N° 1, vert foncé du Massif Central; n° 2, vert clair du Massif Central; n° 3, jaune et verte de Clermont-Ferrand; n° 4, jaune du Massif Central; n° 5, fluorine américaine (New-Mexico); n° 6, fluorine incolore des Pyrénées; n° 7, rose du Puy-de-Dôme; n° 8, violette de Langeac.

La fluorine violette de Langeac se distingue des autres produits étudiés par une perte de poids relativement plus importante à 150°, ainsi d'ailleurs qu'à 400°. Cette espèce est assez impure et renferme une proportion élevée de silice, de l'ordre de 15 pour 100.

En vue de rechercher si le phénomène constaté entre 200° et 300° correspond à un changement allotropique, nous avons, en première approximation, déterminé la densité avant et après chauffage. Les valeurs trouvées, qui sont indiquées dans le tableau précédent, ne laissent pas apparaître de différence appréciable, ce qui montre, ou bien qu'il n'y a pas eu de transformation, ou bien que celle-ci, étant réversible, échappe à notre examen par la méthode employée.

Ces premiers résultats montrent que la luminescence observée n'est pas en rapport direct avec une perte de matière. Par contre, la luminescence accompagne la rupture des cristaux.

GÉOLOGIE. — *Les éléments structuraux du Bokoya (Rif espagnol oriental).* Note de M. **Maurice Blumenthal**, présentée par M. Ch. Jacob.

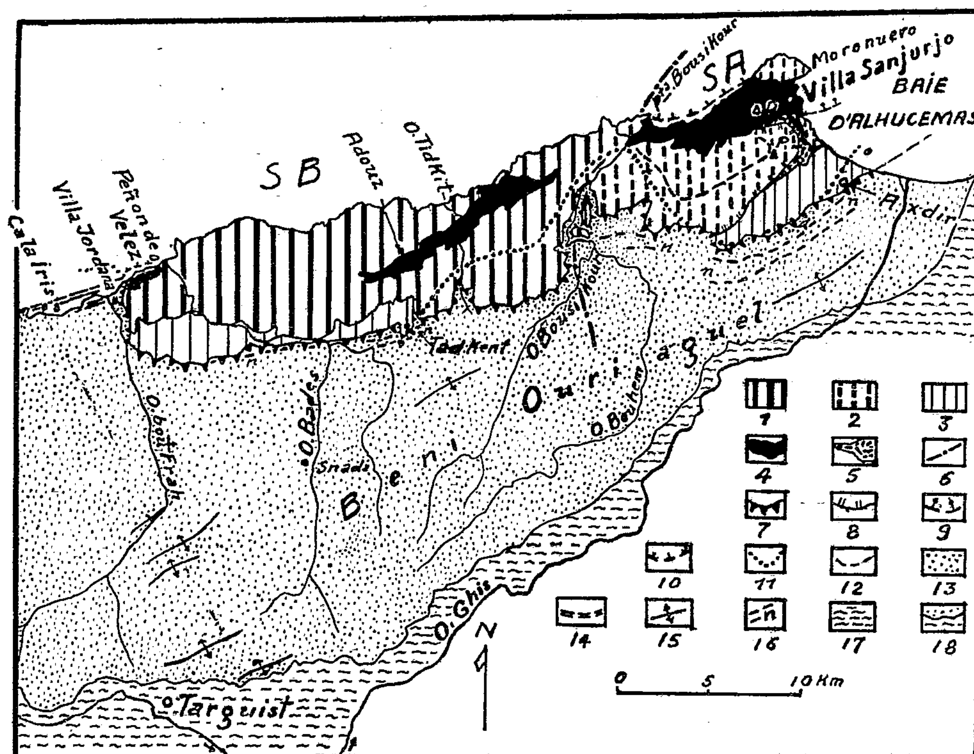
Les chaînes du Bokoya, situées à l'Ouest de la Baie d'Alhucemas, se détachent par la saillie d'un ensemble calcaire entre des formations de facies flysch. Grâce aux premières recherches de M. et Mme Russo (1), on sait qu'il s'y trouve des éléments structuraux poussés vers le Sud. Mes recherches détaillées confirment ce fait; toutefois les accidents tectoniques, leur répartition, les contacts anormaux ainsi que la série stratigraphique sont à interpréter différemment. Le croquis ci-après résume les grands traits de la région (2).

Le complexe entier se répartit aisément en deux secteurs, celui d'Axdir et celui de l'Oued Badès, qui se réunissent sans séparation tectonique franche; pourtant leur individualité est soulignée par le rebroussement profond que marque la vallée de l'O. Bousikour (6). Tandis que le secteur occcidental (S. B.), plus large, peut être considéré au point de vue

(1) P. et I. Russo, *Recherches géologiques sur le Nord-Est du Riff* (*Mém. Soc. Sc. nat. du Maroc*, 20, 1929, p. 129 et suiv.).

(2) Les chiffres et lettres entre parenthèses dans le texte de cette Note se rapportent à la légende du croquis.

structural comme homogène, il faut, dans le secteur oriental (S. A.), distinguer une Écaille du Monte Palomas (2), séparée du bâti sous-jacent par une zone de flysch pincée [O. Isli-O. Tixdit (5)] qu'elle recouvre par char-



Croquis tectonique du Bokoya (Rif espagnol oriental).

1, série normale, mésozoïque (Lias principalement) de la Nappe du Bokoya. 2, série normale mésozoïque de l'Écaille du Palomas. 3, partie frontale à couverture mésozoïque incomplète (Permo-Trias et Lias inférieur). 4, aires anticlinales paléozoïques. 5, Flysch (Oligocène) pincé dans la Nappe du Bokoya (O. Isli). 6, axe du rebroussement séparant le secteur d'Axdir de celui du Oued Badès. 7, affleurement de la ligne de charriage de la Nappe du Bokoya. 8, ligne de charriage de l'Écaille du Palomas. 9, accident du Djebel Malmusi. 10, déversement septentrional du noyau paléozoïque. 11, bordure hypothétique du soubassement paléozoïque de la Nappe. 12, bordure hypothétique dans l'Écaille du Palomas. 13, Flysch (principalement Éocène) des Beni Ouriaguel. 14, lignes directrices des plis du Flysch de la côte (Cala Iris). 15, aires anticlinales dans le Flysch. 16, zones calcaires nummulitiques. 17, série compréhensive des schistes noirs (Zone de Targuist). 18, ligne de contact anormal entre les Schistes de Targuist et le Flysch d'Ouriaguel. SA = Secteur d'Axdir. SB = Secteur de l'Oued Badès. D = Djebel Malmusi. P = Monte Palomas.

riage (8). En dépit de cette particularité locale, tout le Bokoya calcaire est à considérer comme une seule unité, comme une nappe.

L'affleurement de la surface de charriage (7) se révèle clairement en

divers endroits : ainsi la transversale de Villa Jordana démontre la superposition presque horizontale du Lias au grès du Flysch sur une distance transversale de $4^{km},5$; et, le long de l'O. Bousikour, le Flysch sous-jacent s'avance à plus de 5^{km} vers le N. Ailleurs, le front vers le Flysch des Ben Ouriaguel montre des contacts ramenés à la verticale. La zone côtière correspond à l'enracinement.

Chaque compartiment de la nappe montre, à sa base, la participation du Paléozoïque dont le matériel stratigraphique est tout à fait identique à celui du Massif bétique de Malaga. Le Paléozoïque, intensément plissé et entremêlé de Permo-Trias rouge, affleure soit en aire anticlinale (4), soit en formant une zone frontale (3), garnie et bordée d'un chapelet de calcaire blanc (Calcaires d'Alhucemas). La zone côtière du Paléozoïque fait voir une sorte d'extrusion de ses schistes, ceux-ci recouvrant (10) les calcaires liasiques pincés (Tala Yusef, Penon de Velez).

GÉOLOGIE. — *Nouvelle contribution à la stratigraphie du Cambrien et du Silurien de la partie orientale des* Monts de Lacaune. Note de M. **Marcel Thoral**, présentée par M. Ch. Jacob.

Les monts de Lacaune, au Sud du Massif Central, sont essentiellement constitués par des terrains cambriens et siluriens, disposés en une série d'écailles orientées SW-NE (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1362). Voici un aperçu des terrains qui constituent ces différentes zones parallèles :

1° *La zone de Camplong* est uniquement constituée par des terrains cambriens non fossilifères. L'Acadien inférieur y est à l'état de calcaires gris ou jaunâtres, souvent dolomitiques. L'Acadien moyen, l'Acadien supérieur et le Potsdamien sont formés d'une épaisse série de schistes durcis, alternant avec des grès verts plus ou moins micacés.

2° *La zone de Marcou* comprend les mêmes termes, mais fossilifères. Dans les calcaires, M. Albert Michel-Lévy (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1366) a découvert des *Archæocyathus* et des encrines.

La roche et les fossiles sont identiques à ceux qu'on connaît près de Cavenac au Sud de Saint-Pons. Les schistes verts ou jaunâtres superposés aux calcaires m'ont livrés, en contre-bas de la Croix de Marcou, des débris de Trilobites non déterminables.

L'Acadien supérieur et le Potsdamien ne peuvent être distingués, comme dans toute l'étendue des monts de Lacaune.

La série cambrienne de Marcou repose sur une épaisse mylonite de granulite, avec,

parfois, des schistes satinés et froissés, d'âge indéterminé, intercalés entre les deux formations, notamment à Rials et près de la Rode Basse.

3° *La zone de Boissezon-Melagues* est ondulée suivant deux directions : SW-NE et et NW-SE. A la base de la falaise d'Olquets, les calcaires de l'Acadien inférieur reposent sur des grès dont le faciès lithologique rappelle les arkoses de Marcory ([1]); en l'absence de fossiles, je ne puis encore dater ces grès. L'Acadien moyen comprend des schistes à amandes calcaires disposées en lits parallèles, puis des schistes francs dans lesquels j'ai découvert à Saint-Pierre-des-Cats : *Trochocystites Barrandei* M. Ch. et Berg. A 1^{km} au Nord de Mélagues (Aveyron), un nouveau gisement m'a fourni : *Ctenocephalus coronatus* Barr., *Conocoryphe Heberti* M. Ch. et Berg., *Ptychoparia Rouairouxi* M. Ch. et Berg., *Paradoxides mediterraneus* Pomp., *Paradoxides* sp. de grande taille; *Trochocystites* cf. *Barrandei* M. Ch. et Berg., *Acrothele Bergeroni* Walc. Ce gisement est remarquable par l'abondance et la conservation des restes organiques, la présence des glabelles de *Paradoxides* dans les amandes calcaires, la coexistence d'*Acrothele Bergeroni* Walc. et de *Trochocystites*. La faune est celle de l'Acadien moyen, partie inférieure. Le faciès de la roche est identique à celui du gisement de la route d'Assignan, à 1^{km},900 au SE de Coulouma (Hérault). La partie supérieure de l'Acadien moyen, l'Acadien supérieur et le Potsdamien sont formés de schistes et grès avec quelques bancs lenticulaires de calcaires. Puis vient un bel affleurement de Trémadoc, dans lequel j'ai découvert de nouveaux points fossilifères : à Canac, Las Devèzes, La Mouline d'Arnac. J'ai recueilli dans des nodules siliceux : *Asaphelina Barroisi* M. Ch. et Berg., *Symphysurus Sicardi* Berg., *Niobe* sp., *Ampyx* sp., *Asaphus* sp., *Megalaspis* sp., *Agnostus* sp., *Lingulella* sp., *Bellerophon Œhlerti* M. Ch. et Berg., *Orthoceras* sp.

4° *La zone de Murat-sur-Vebre-Brusque.* — J'ai déjà fait connaître (*Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 938, et **191**, 1930, p. 1138) cette série et signalé des gisements fossilifères dans son Acadien. On y observe toujours la même succession stratigraphique, qui se termine avec le Potsdamien.

5° *La zone du Merdellou.* — Les calcaires y sont souvent noirs et moins compacts que dans les zones précédentes; les schistes, plus fins. Près de Peux et Couffouleux, ceux de l'Acadien moyen sont noirs, riches en matière organique. La série compréhensive Acadien supérieur-Potsdamien est épaisse. Les schistes y sont fréquents et renferment des bancs lenticulaires de calcaire à entroques (près de Mounès); puis, en concordance, affleure le Trémadoc schisteux avec nodules siliceux aplatis, très pauvres en débris organiques ; au-dessus, sont des schistes peu épais, de couleur verdâtre et d'âge silurien imprécis. Enfin vient le Gothlandien fossilifère de Murasson.

6° *La zone de Murasson* montre des sédiments plus micacés et peut-être un peu plus métamorphisés. Elle se développe vers l'Ouest et elle fera l'objet de mes prochaines recherches.

([1]) M. Albert Michel-Lévy (*op. cit.*) a déjà signalé des arkoses au Col du Layrac, à la base des calcaires de la Zone de Marcou, et noté leur ressemblance avec les arkoses géorgiennes de Marcory. Près de Revaliès (zone de Murat-Brusque), j'ai vu des grès anologues surmontant les schistes à *Paradoxides* de l'Acadien moyen.

En résumé : Les écailles de la partie orientale des monts de Lacaune sont constituées surtout par des terrains acadiens et potsdamiens. La question de l'existence en quelques points d'une partie du Géorgien n'est pas définitivement résolue.

Les terrains siluriens affleurent seulement dans deux écailles où ils sont conservés grâce à des phénomènes de chevauchement. La majeure partie en a été enlevée par érosion.

Les sédiments des monts de Lacaune ont les mêmes caractères que ceux de la Montagne-Noire. Comme dans celle-ci, l'allure géosynclinale des dépôts est affirmée par la continuité dans la sédimentation, la puissance des couches et les caractères bathyaux de la plupart des schistes cambriens.

MÉTÉOROLOGIE. — *Cinématique des centres isobariques.* Note (¹) de M. G. **Debbbant**, présentée par M. E. Fichot.

Une carte d'isobares, et sa carte de tendances, contiennent toute l'évolution instantanée du champ barométrique.

On peut réunir, sous le nom de Géométrie isobarique, un ensemble de règles simples, qui permettent de lire à vue les traits essentiels de cette évolution (²).

Ces règles, exactes seulement d'une manière instantanée, mais par contre en dehors de toute hypothèse, offrent un réel intérêt pratique, parce qu'elles fournissent des bases rationnelles d'extrapolation.

Or toutes les méthodes actuelles de *prévision*, qu'elles dérivent de constatations empiriques ou de théories physiques, sont finalement basées sur l'*extrapolation*. Ce qui fait la supériorité pratique de telle ou telle méthode, c'est seulement la plus ou moins grande stabilité de l'élément qu'elle extrapole.

Nous donnerons, dans cette Note, les règles cinématiques concernant les centres, qui sont les points les plus remarquables du champ isobarique.

Notations. — La pression barométrique est désignée par P, et ses déri-

---

(¹) Séance du 2 mai 1932.

(²) Nous avons donné la première formule de ce genre dans *Le champ du déplacement instantané des isobares* (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 359).

vées partielles par

$$p=\frac{\partial P}{\partial x},\qquad q=\frac{\partial P}{\partial y},\qquad \tau=\frac{\partial P}{\partial t},$$
$$r=\frac{\partial^2 P}{\partial x^2},\qquad s=\frac{\partial^2 P}{\partial x\,\partial y},\qquad t=\frac{\partial^2 P}{\partial y^2},$$
$$p'=\frac{\partial^2 P}{\partial x\,\partial t},\qquad q'=\frac{\partial^2 P}{\partial y\,\partial t},\qquad \tau'=\frac{\partial^2 P}{\partial t^2}.$$

I. Vitesse instantanée des centres. — Soient (x, y) les coordonnées d'un centre à l'instant t, et $(x+dx, y+dy)$ ses coordonnées à l'instant $t+dt$.

Développons en série de Taylor les composantes (nulles) du gradient de pression :

$$0=r\,dx+s\,dy+p'\,dt,$$
$$0=s\,dx+t\,dy+q'\,dt,$$

ce qui donne, en introduisant la vitesse (u, v) du centre,

$$ru+sv+p'=0,$$
$$su+tv+q'=0.$$

Ces équations suffisent à déterminer complètement la vitesse du centre, mais en voici une interprétation plus expressive :

L'équation de l'indicatrice de courbure du centre isobarique est

$$rx^2+2sxy+ty^2=\pm 1.$$

Deux directions conjuguées (x, y) et (x', y'), par rapport à cette indicatrice, sont liées par la relation

$$rxx'+s(xy'+yx')+tyy'=0.$$

Il est facile de voir que les directions (u, v) et $(-q', p')$ vérifient cette équation.

D'où :

1. *Règle du déplacement des centres.* — Théorème. — *Le déplacement instantané d'un centre est la direction conjuguée de l'isallobare instantanée, par rapport à l'indicatrice de courbure.*

Voici deux formes pratiques, qui se justifient d'elles-mêmes, de ce théorème :

Règle 1-a. — La direction du déplacement instantané d'un centre est

celle des tangentes à la plus petite isobare, en ses points d'intersection avec la ligne d'égale tendance, qui passe par le centre.

Règle 2-*a*. — La direction du déplacement instantané d'un centre est celle dans laquelle les lignes d'égale tendance sont tangentes aux isobares.

Si nous prenons maintenant cette direction σ comme axe des x, on a $v = 0$ et la valeur absolue de la vitesse du centre prend la forme simple

$$u = -\frac{p'}{r} = -\frac{\dfrac{\partial^2 P}{\partial\sigma\,\partial t}}{\dfrac{\partial^2 P}{\partial\sigma^2}} = -\frac{\dfrac{\partial G}{\partial t}}{\dfrac{\partial G}{\partial\sigma}},$$

où $G = \partial P/\partial\sigma$, d'où :

2. *Théorème de la vitesse des centres*. — La vitesse d'un centre est celle des courbes de niveau du gradient de pression, dans la direction du déplacement du centre.

En particulier, cette vitesse est nulle quand le centre du noyau de tendances coïncide avec le centre isobarique.

II. Creusement et comblement des centres. — La variation de pression, en suivant le centre dans son mouvement, est

$$\dot{P} = \tau + up + vq.$$

Comme $p = q = 0$, il en résulte

$$\frac{\delta P}{\delta t} = \tau.$$

D'où :

3. *Théorème de l'évolution des centres*. — L'évolution en profondeur d'un centre est égale à la variation locale de pression au centre.

Toutes ces règles ont évidemment leurs équivalents isallobariques.

BOTANIQUE. — *Sur les physodes des Phéophycées*. Note de M. **Chadefaud**, présentée par M. L. Mangin.

Une étude cytologique comparative de diverses espèces du genre *Laminaria* et du genre *Desmarestia* montre la présence constante, dans les cellules de ces algues, de formations intracytoplasmiques correspondant aux physodes de Crato, mais pouvant présenter une série d'aspects très différents les uns des autres.

1° *Physodes à fucosane*, c'est-à-dire contenant des composés phénoliques donnant les réactions de la phloroglucine.

A. Physodes réfringents, prenant, lors des colorations vitales par le bleu de crésyle, une teinte bleue homogène. Ce type de physodes paraît être le plus répandu chez les Phéophycées; c'est à lui que s'applique le terme de grains de fucosane. Ces grains sont formés par une substance pâteuse, demi-solide, et contiennent parfois de petites inclusions arrondies, non colorables, qui sont peut-être des cavités. Ils atteignent leur maximum de différenciation et de taille dans certaines cellules sécrétrices, les cellules à fucosane de M. Sauvageau, dont les cellules de Yendo des *Undaria* et des plantules de certaines Laminaires sont le type. Chez *Laminaria Cloustoni* on observe, sous l'épiderme, une couche continue formée de trois ou quatre assises de cellules qui ont les caractères des cellules de Yendo. Une telle couche de cellules à fucosane se retrouve chez *Laminaria pallina* du Cap, mais située plus profondément, au niveau des canaux mucifères. Les cellules marginales et les cellules basilaires des poils de *Myrionema vulgare* sont aussi des cellules à fucosane (en même temps que des cellules initiales). Cela est encore plus net pour les ascocystes des *Ascocyclus*. Il est probable que le contenu des physodes de ces cellules à fucosane peut être excrété : la chose me paraît certaine chez les Myrionémacées, où j'ai effectivement assisté à cette excrétion.

B. Physodes moins réfringents, dans lesquels le bleu de crésyle fait apparaître des granulations bleues, tandis que la masse du physode ne prend qu'une teinte bleuâtre assez faible. Les physodes de ce type sont très bien représentés dans les plantules de *Laminaria flexicaulis*, où leur contenu est demi-solide, avec souvent une inclusion arrondie non colorable, et chez *L. saccharina*, où leur contenu est souvent plus liquide et dépourvu d'inclusions. Ils coexistent avec les physodes du type précédent chez *Pylaiella littoralis*.

2° *Physodes sans fucosane*. Ils sont très peu réfringents, et ne donnent pas les réactions de la phloroglucine.

C. Physodes se colorant en violet par le bleu de crésyle. Leur coloration est généralement lente; quand elle s'accentue il apparaît dans le physode, par floculation, des globules d'un beau rouge pourpre. Ils coexistent avec ceux du type B dans les plantules de *L. flexicaulis* et chez *L. saccharina;* ils sont bien représentés chez *L. Cloustoni*, et chez les *Desmarestia*.

D. Physodes peu réfringents non colorables par le bleu de crésyle. Ils

paraissent très voisins des précédents. Je lès ai surtout observés chez *L. Cloustoni* et chez les *Desmarestia*.

Les types C et D ne répondent pas à la notion classique de physodes considérés comme étant des grains de fucosane. Si une étude minutieuse ne montrait leur homologie avec les types A et B, on aurait plutôt idée de les rattacher soit au vacuome, soit même au chondriome, dont ils peuvent prendre l'aspect. J'ai commis cette erreur dans une précédente étude du genre *Desmarestia*.

L'homologie des quatre types de physodes est établie par l'étude de leurs particularités morphologiques (taille, plasticité, inclusions), par celle de leur distribution dans les cellules des différentes espèces, et enfin par l'existence d'intermédiaires entre ces types. Plusieurs types de physodes peuvent coexister dans la même cellule.

Les notions précédentes permettent de concevoir la constitution des physodes des Phéophycées d'une façon nouvelle. Les constituants phénoliques de la fucosane n'en sont pas l'élément essentiel. La notion (chimique) de fucosane doit être complètement distinguée de celle (morphologique) de physodes. Ceux-ci sont des corpuscules non phénoliques, sur lesquels se fixent, le cas échéant, les substances phénoliques élaborées par la cellule.

Il est probable, d'après cette affinité pour les phénols, que ces corpuscules sont de nature mucilagineuse. Il est difficile d'en administrer une preuve directe, parce que les affinités tinctoriales des mucilages pectiques sont assez semblables à celles des phénols. Mais on en a une preuve indirecte dans le fait que les éléments sécréteurs des canaux mucifères des Laminaires, qui élaborent un mucilage pectique, sont des cellules bourrées de physodes, mais non pas des cellules à fucosane.

On pourrait aussi penser que les physodes renferment de la métachromatine. Il est vrai qu'on peut se demander si cette substance énigmatique ne serait pas, elle aussi au moins pour partie, un mucilage vacuolaire. De toute façon, les faits précédents conduisent à rapprocher les physodes du vacuome, sans permettre toutefois d'affirmer une homologie complète entre ces deux formations.

GÉNÉTIQUE. — *Étude cytologique de l'hybride* Pogoregelia : Iris olbiensis *Hénon* × Iris Korolkowii *Regel*. Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Blaringhem.

Cet hybride stérile a été réalisé par R. Dykes ([1]), en 1908, à partir du croisement de l'*Iris olbiensis* Hénon var. *Socrates* Hort. par l'*Iris Korolkowii* Regel. En 1910, H. Massé ([2]) faisait connaître l'*Iris* × *Korolcyp* (*I. Korolkowii* × *I. cypriana*) que nos études cytologiques montrèrent être plutôt un hybride entre l'*I. Korolkowii* et une espèce du groupe des *Iris chamæiris* Hort., soit une combinaison génétique analogue à celle de l'hybride obtenu par R. Dykes. Dernièrement M. F. Denis a aussi réussi à croiser l'*I. olbiensis* Hénon var. *alba major* Hort. avec l'*I. Korolkowii* Regel.

Dans ces trois hybrides, les deux espèces parentes appartiennent à des groupes botaniques et géographiques différents : l'*I. olbiensis* est une plante du sud de la France (littoral méditerranéen) du groupe des Iris nains de la section *Pogoniris* (Iris barbu à graines sans arille); l'*I. Korolkowii*, de la section *Regelia* (Iris barbu à graines ornées d'une grosse arille blanche) est originaire de l'Asie centrale (Boukharie).

Cette hybridation est aussi curieuse parce que effectuée entre plantes offrant des nombres chromosomiques différents (aneuploïdie). Nous avons déjà signalé ([3]) $2n = 40$ chez *I. olbiensis* et $2n = 22$, 33 et 44 chez *I. Korolkowii* ([4]).

Les nombres de chromosomes observés chez l'*I. Korolkowii* montrent que cette espèce, d'ailleurs polymorphe, renferme trois races caryologiques polyploïdes : $2n = 22$ correspond aux formes *venosa* Fost., et *violacea* Fost.; $2n = 33$ à la variété *atropurpurea* Hort. et $2n = 44$ à l'*I. Korolkowii* type et à sa variété *concolor* Fost. Les deux premières variétés sont diploïdes (11×2), la troisième est triploïde (11×3), le type et la quatrième variété sont tétraploïdes (11×4).

La présence de plusieurs races caryologiques chez l'un des parents de ces hybrides permettait d'entrevoir la découverte de plusieurs combinai-

---

(1) R. Dykes, *Gard. Chron.*, 3e série, 44, 1908, p. 3.

(2) H. Massé, *Rev. Hort.*, 10, 1910, p. 356.

(3) M. Simonet, *Bull. Soc. Nat. Hort. de France*, 5e série, 2, 1929, p. 455-463.

(4) M. Simonet, *C. R. Soc. de Biologie*, 103, 1930, p. 1197-1200.

sons génétiques intéressantes si celles-ci avaient été utilisées dans les croisements. Cette hypothèse était juste puisque nous avons trouvé que les plantes obtenues par R. Dykes et H. Massé se rapportent à des hybridations effectuées avec les races diploïdes de l'*I. Korolkowii*, tandis que l'hybride de M. F. Denis fut obtenu avec une forme tétraploïde. Chez ce dernier, les mitoses somatiques renferment exactement un stock chromosomique diploïde de l'*I. Korolkowii*, alors que chez les deux premiers il ne fut observé qu'une garniture haploïde.

L'*I. olbiensis* var. *Socrates* × *I. Korolkowii* (R. Dykes) possède exactement la somme des compléments chromosomiques haploïdes de ses deux parents, soit $2n = 31$ (♀ $n = 20$ et ♂ $n = 11$). L'examen d'un grand nombre de cinèses somatiques nous a permis de constater que les chromosomes maternels et paternels gardaient chez l'hybride leur entière individualité. En effet, il a été possible de retrouver chez celui-ci des éléments de forme particulière que nous avions identifiés chez les parents. Plus spécialement : 10 grands chromosomes droits, 2 chromosomes en V et 1 satellite sont d'origine maternelle; 1 *très grand chromosome en* V, 1 grand chromosome droit et 2 satellites sont de contribution paternelle. Tous ces éléments existaient respectivement par couples chez les parents.

Les divisions réductionnelles sont très anormales. A la métaphase hétérotypique, il n'existe que 3 à 5 gémini; les autres éléments restent univalents et sont irrégulièrement répartis au centre des cellules mères des grains de pollen; les arrangements suivants ont été observés : $3_{II} + 25_{I}$; $4_{II} + 23_{I}$; $5_{II} + 21_{I}$. Notons que le grand chromosome en V d'origine paternelle, si caractéristique de la garniture des Iris *Regelia*, reste toujours univalent; gardant sa forme particulière, nous l'avons retrouvé non apparié dans toutes les cellules examinées. A l'anaphase, les 3-5 éléments bivalents formés se disjoignent, puis émigrent vers les deux pôles de l'image caryocinétique, entraînant avec eux les unités monovalentes les plus proches de l'équateur; les autres monovalents demeurant dans le cytoplasme. A ce stade, tous les éléments subissent un clivage longitudinal, mais aucun des chromosomes univalents ne se divise. A l'interphase, deux micro-nucléi sont formés dans lesquels les chromosomes s'alvéolisent légèrement tout en gardant leur entière individualité.

La seconde division de maturation est normalement équationnelle; cependant, les irrégularités constatées à la première division troublent vivement le mécanisme de la mitose qui doit aboutir à la formation des quatre noyaux de la tétrade. Deux plaques homéotypiques sont formées avec, en

plus, les chromosomes demeurés dans le cytoplasme lors de l'anaphase hétérotypique; aussi la distribution des éléments chromosomiques est-elle des plus désordonnée. Voici quelques-unes des combinaisons observées : 12 + 13 + 3 + 2 + 1, 15 + 11 + 2 + 2 + 1, 16 + 12 + 2 + 1, etc. Toutes ces combinaisons donnent le nombre total des chromosomes somatiques, ce qui confirme que la division des monovalents est exceptionnelle à la première division. A l'anaphase, pendant que les éléments contenus dans les deux plaques équatoriales se divisent, les chromosomes restés dans le cytoplasme font de même et donnent naissance à la fin de la réduction chromatique à des micro-nucléi surnuméraires; ce qui fait qu'au stade de la tétrade, les cellules mères contiennent jusqu'à 6-8 microspores au lieu de 4. Le pollen est dégénéré et la plante est stérile.

C'est un nouvel exemple de stérilité corrélative de la dissociation des éléments nucléaires chromatiques avec fusion très faible; ce comportement spécial des chromosomes, pendant les divisions de maturation se rapporte exactement à ce que nous décrirons ailleurs sous le nom de schéma *Iris chamaeiris* × *I. iberica*.

Signalons enfin l'évolution très particulière du chromosome en V des *Iris Regelia;* alors que chez les hybrides *Regeliocyclus* (*Regelia* × *Oncocyclus*) nous avons toujours vu cet élément se conjuguer avec d'autres chromosomes des *Iris Oncocyclus*, chez les *Pogoregelia* (*Pogoniris* × *Regelia*) il ne trouve plus d'éléments homologues dans la garniture chromosomique des *Pogoniris* puisqu'il reste toujours univalent.

GÉNÉTIQUE. — *Structure et richesse saccharine dans les hybrides de Betteraves.* Note de MM. **H. Colin** et **E. Bougy**, présentée par M. L. Blaringhem.

Les variétés actuelles de Betteraves à sucre sont, dans l'ensemble, moins volumineuses et plus richement vascularisées que les variétés fourragères; en recherchant, avant tout, la richesse saccharine, l'industrie a fait baisser progressivement le poids des racines. A ce que rapporte von Lippmann (¹), les premières fabriques de sucre qui travaillaient la meilleure Betterave d'alors, la blanche de Silésie, refusaient impitoyablement, comme renfermant plus d'eau et moins de sucre, les souches d'un poids supérieur à 2^{kg}; la sélection polarimétrique a opéré dans le même sens, avec plus de rigueur

(¹) E. von Lippmann, *Deutsche Zuckerind.*, 82, janvier 1932, p. 27.

encore. Le résultat est sous nos yeux : nous avons des Betteraves riches, à vascularisation serrée, mais de taille restreinte.

On est amené, de la sorte, à se demander dans quelle mesure la richesse saccharine est liée à la structure. C'est un fait indéniable que les anneaux vasculaires ont plus de sucre, moins d'eau et de cendres que le parenchyme interstitiel ; n'empêche qu'à richesse égale, toutes les racines d'un lot de Betteraves n'ont pas nécessairement une vascularisation identique. Le plus simple, pour étudier le comportement de ces deux caractères, était de croiser deux types extrêmes, une Betterave fourragère avec une sucrière, et d'observer la dissociation des hybrides.

La géante blanche (de Vilmorin) a été pollinisée par la sucrière A, de même nom, suivant le procédé décrit précédemment [1]. On a obtenu 15 graines hybrides parfaitement conformées (1924).

Première génération (1925). — Ces graines, semées l'année suivante, au Jardin des Carmes, ont donné autant de plantes, aussi belles qu'elles pouvaient l'être dans ce milieu peu aéré. Les racines, sans coloration aucune, avaient, sur la coupe, l'aspect des Betteraves sucrières ; leur richesse moyenne était de 11 pour 100, intermédiaire entre celle des parents cultivés sur le même terrain (fourragère 7,5 pour 100, sucrière 13 pour 100). Les deux caractères : richesse et structure serrée, s'affirment donc assez nettement en F_1.

Deuxième génération (1927). — Une des Betteraves de F_1 a grainé en 1926, à l'abri de toute pollinisation fortuite. Sur les 48 plantes issues de ces graines, quatre sont montées. Une racine est teintée de rose, quatre noircissent rapidement à l'air, comme cela se produit assez fréquemment dans la descendance de la géante blanche. Les teneurs en sucre varient dans une large mesure ; la plus élevée est de 15 pour 100, la plus faible de 4 ; cinq racines sont à 7-8, trois à 8-9, huit à 9-10, cinq à 10-11, six à 11-12, cinq à 12-13, trois à 13-14 et quatre à 14-15 pour 100. Pour ce qui est de la structure, d'une façon générale, les racines les plus riches sont à vascularisation serrée, les plus pauvres à vascularisation lâche, mais il y a des cas intermédiaires et même des exceptions remarquables ; c'est ainsi qu'une des souches à 7 pour 100 de sucre laissait voir une belle structure de sucrière, et que trois autres, à vascularisation assez lâche, figuraient parmi les Betteraves riches.

---

[1] H. Colin et E. Bougy, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 730.

Troisième génération (1929). — On laissa monter en graines, en 1928, une des plantes de F_2, pivotante, incolore, riche, à structure de sucrière. Les Betteraves récoltées en 1929, année de sécheresse, étaient petites, souvent fourchues et à collets allongés; la teinte rose était fréquente sur les pétioles, la pulpe d'une des racines était teintée de rouge, sauf sur l'emplacement du filet vasculaire axial. Parmi les trente souches soumises à l'analyse, on en comptait six à moins de 7 pour 100 de sucre, cinq à 7-8, six à 8-9, six à 9-10, trois à 10-11, une à 11,2, une à 12,6, et une à 13,3 pour 100. Cette dernière avait cinq anneaux vasculaires bien visibles, mais la précédente était à vascularisation lâche.

Quatrième génération (1931). — La descendance est encore loin d'être homogène. Une des racines est rose à l'extérieur et même au dedans, sur les zones vasculaires; le pigment s'élève, par les pétioles, jusque dans les nervures du limbe. Sur quinze racines analysées, on en compte cinq à 14-15 pour 100 de sucre. Le balancement est remarquable entre les cendres et le sucre; richesse et vascularisation serrée, le plus souvent réunies, sont nettement disjointes sur deux racines.

La conclusion ne fait pas de doute. La structure serrée, si favorable qu'elle puisse être, n'est pourtant pas liée, sans disjonction possible, à la richesse saccharine. Dès lors, il ne paraît pas illusoire de vouloir améliorer, dans une certaine mesure, la taille de nos Betteraves sucrières, tout en leur conservant la richesse acquise.

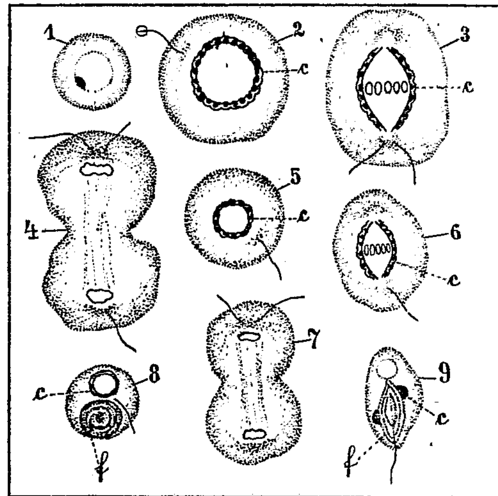
CYTOLOGIE. — *Sur certains composants plasmatiques membraneux et granulaires dans les cellules sexuelles mâles chez les Lépidoptères.* Note de M. **Jan Hirschler**, présentée par M. M. Caullery.

Dans une Note précédente (1), j'ai décrit, dans les cellules sexuelles mâles, chez les Lépidoptères, des faisceaux de fibrilles et j'ai proposé de les nommer *fusome*. Dans une Note encore sous presse (2), j'ai décrit, dans les mêmes cellules, une autre sorte de fibrilles, qui représentent aussi le fusome. Lorsque le fusome, décrit antérieurement, provient du fuseau central, je l'ai nommé *centrofusome* pour le distinguer du fusome décrit ensuite, que j'ai nommé *nucléofusome*, à cause de sa naissance aux dépens du fuseau nucléaire.

(1) J. Hirschler, *Comptes rendus Soc. Biol.*, Paris, 109, 1932, p. 532.

(2) J. Hirschler, *Ibid.*, sous presse.

Dans la présente Note, je voudrais décrire un certain composant plasmatique, qui est une chose différente des deux fusomes ci-dessus mentionnés. J'ai constaté ce composant dans les cellules sexuelles mâles de plusieurs espèces de Lépidoptères : *Phalera bucephala* L., *Macrothylacia rubi* L., *Sphinx pinastri* L., *Deilephila euphorbiæ* L. et d'autres, mais il est surtout fortement développé chez *Dasychira selenitica* L. et c'est chez cet animal que je vais le décrire. La figure 1 représente un jeune spermatocyte, dont la



1, spermatocyte jeune; 2, spermatocyte mûr; 3, métaphase de la première division du spermatocyte; 4, télophase de la même division; 5, intercinèse; 6, métaphase de la seconde division du spermatocyte; 7, télophase de la même division; 8 et 9, spermatides [fixation au liquide de Zenker peu acidifié, chromisation, coloration à l'hématéine alcoolique au fer, d'après Dobell, selon ma modification (*Zeitschr. wiss. Mikroskop*, 34, 1927)]. *c*, croûte; *f*, corps mitochondrial, contenant le centrofusome.

membrane nucléaire est très fine. Pendant la croissance du spermatocyte, sur la périphérie du noyau, se développe une croûte *c*, qui atteint le plus haut degré de son développement dans un spermatocyte mûr (*fig.* 2). Cette croûte *c* se compose de deux membranes, l'une intérieure, qui adhère au noyau et l'autre extérieure; la membrane intérieure est probablement intimement unie à la membrane nucléaire, qui est invisible. Dans l'espace séparant les deux membranes de cette croûte, on voit des granules, qui forment une couche. Croûte et granules sont visibles dans les cellules vivantes; ils ne se colorent, ni par le rouge neutre, ni par le vert Janus. Cette croûte *c* reste intacte pendant la métaphase (*fig.* 3) de la première division du spermatocyte et disparaît lorsque la cellule passe au stade de la télophase (*fig.* 4). Pendant l'intercinèse (*fig.* 5) et la métaphase de la

seconde division du spermatocyte (*fig.* 6), elle est de nouveau présente, pour disparaître encore une fois, quand la cellule arrive au stade de la télophase (*fig.* 7). Dans les jeunes spermatides (*fig.* 8) cette croûte *c* entoure le noyau comme précédemment; ensuite, dans les spermatides plus âgées (*fig.* 9), elle se rompt en quelques fragments, qui adhèrent au corps mitochondrial (*f*).

Nous croyons que la croûte ainsi décrite correspond aux tégosomes, mis en évidence par Grassé et Tuzet (1) dans différentes cellules, et sa comparaison avec certains composants plasmatiques des Flagellés [Grassi et Foà : *Joenia annectens* (2), Janicki : *Devescovina striata* var. *havaiensis* (3), Duboscq et Grassé : *Devescovina Hilli* (4), Grassé : *Eutrichomastix colubrorum* (5)], particulièrement avec leur appareil suspensoriel, nous permet de penser qu'elle dérive du fuseau blépharoblastique. C'est pourquoi nous nous permettons de la nommer *blépharofusome* et nous supposons que, de même que l'acrosome dérive de l'appareil de Golgi (Bowen, Gatenby, Tuzet), les granules qui se trouvent dans ce fusome ne sont que son propre dérivat.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les ferments solubles sécrétés par les Champignons Hyménomycètes. Les cétones et les corps anthraquinoniques et la fonction antioxygène.* Note de M. **L. Lutz**, présentée par M. L. Mangin.

1. *Cétones.* — Poursuivant mes recherches sur le pouvoir antioxygène des constituants des essences, j'ai soumis aux actions oxydo-réductrices exercées par les myceliums de divers Champignons Hyménomycètes les cétones suivantes :

Cétone terpénique : carvone.
Cyclanone : menthone.
Cyclénones : camphre synthétique, camphénylone, isofenchone.
Cétones acycliques non terpéniques : propanone, méthyléthylcétone, méthylhexylcétone, méthylnonylcétone.

---

(1) P. Grassé et O. Tuzet, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 883.
(2) B. Grassi et A. Foa, *Rend. d. R. Accad. dei Lincei, Cl. fis. mat. nat.*, 13, 1904, p. 241.
(3) C. Janicki, *Zeitschrift f. wiss. Zoolog.*, 112, 1915, p. 573.
(4) O. Duboscq et P. Grassé, *Archiv. de Zoolog. expér. et génér.*, 66, 1927, p. 452.
(5) P. Grassé, *Ibid.*, 65, 1926, p. 345.

Cétones cycliques : acétophénone, paraméthylacétophénone, phénylacétone, benzophénone.

Cétone cyclique à deux noyaux aromatiques : méthylnaphtylcétone.

Combinaisons aldéhyde + cétone — H^2O : benzylidène-acétone, ionone, méthylionone.

Les expériences ont été faites sur des milieux de la formule habituelle, additionnés de II gouttes de solution aqueuse de bleu de méthylène à 0,25 pour 100 et de II gouttes de solution ou d'émulsion de cétone à 1 pour 100, sauf pour la benzophénone, la benzylidène-acétone et la méthylnaphtylcétone qui se sont montrées toxiques à cette concentration et pour lesquelles la dose a été réduite à I goutte.

L'ensemencement a été fait avec *Stereum purpureum*, *S. hirsutum* et *Coriolus versicolor*, des tubes sans cétones servant de témoins.

L'expérience a été poursuivie pendant trois mois. Au cours de cette période et lors de son expiration, aucune différence sensible ne s'est manifestée entre les tubes renfermant des cétones et les témoins.

On peut dès lors conclure à la non-activité des cétones en tant qu'antioxygènes, ce qui est bien conforme à ce que nous savons de leur mode de formation et de leurs affinités.

2. *Anthraquinone* (diphénylène-dicétone) *et anthraquinones phénoliques* (oxyanthraquinones). — On peut, *a priori*, envisager, au point de vue de l'action antioxygène, une différence très nette entre l'anthraquinone, qui est une dicétone, et les oxyanthraquinones que l'on trouve en abondance relative dans le règne végétal (Rhubarbes, *Rhamnus*, Sénés, etc.). L'oxydation qui engendre ces derniers composés aux dépens des dérivés de l'anthraquinone fait apparaître, en effet, dans le produit de la réaction, la fonction phénol, qui s'accompagne habituellement d'un pouvoir antioxygène plus ou moins énergique.

Les corps essayés sont, outre l'anthraquinone :

L'alizarine (dioxyanthraquinone);

L'acide chrysophanique (dioxyméthylanthraquinone);

L'émodine (trioxyméthylanthraquinone).

Les Champignons choisis comprennent : une espèce sécrétant extrêmement peu d'oxydases et beaucoup de réductases (*Polyporus pinicola*) et deux espèces riches à la fois en oxydases et en réductases (*Corticium quercinum* et *Coriolus versicolor*).

Les cultures ont été faites sur le milieu artificiel habituel, une partie des tubes étant additionnés d'un test d'oxydation (I goutte de solution aqueuse

de gaïacol à 1 pour 100 par 5^{cm^3} de milieu, ou I goutte de suspension aqueuse de naphtol α à 0,50 pour 100 par 5^{cm^3}), les autres d'un test de réduction (I goutte de solution aqueuse de bleu de méthylène à 0,25 pour 100 par 5^{cm^3}) et enfin sur des tubes sans addition de corps anthraquinoniques, servant de témoins.

Les actions antioxygènes, en présence de gaïacol ou de naphtol, donnent des résultats peu nets, en raison de l'oxydabilité de ces corps, qui est supérieure à celle des composés anthraquinoniques. Tout au plus peut-on noter un léger retard de la coloration en présence d'émodine et un retard un peu plus sensible en présence d'alizarine. L'acide chrysophanique agit à peine.

Les réactions sont, au contraire, très nettes en présence de bleu de méthylène.

15 jours après l'ensemencement, on note, dans les cultures faites en présence de *Corticium quercinum* et de *Coriolus versicolor*, une réduction du bleu sur 1^{cm} environ d'épaisseur, avec les trois oxyanthraquinones, tandis qu'il n'y a aucune modification sensible des témoins, non plus que des cultures faites en présence de l'anthraquinone.

Ces différences s'accentuent par la suite : un mois après l'ensemencement, les tubes contenant les oxyanthraquinones sont presque totalement décolorés, et la décoloration est totale au bout de deux mois, alors que les témoins sont encore très éloignés de ce stade : coloration lilas du milieu avec le *Corticium quercinum*, zone superficielle décolorée de $0^m,005$ d'épaisseur seulement avec le *Coriolus versicolor*.

Aux mêmes époques, les tubes renfermant de l'anthraquinone ne se distinguent en rien des témoins.

Quant au *Polyporus pinicola*, des expériences antérieures ont montré qu'il ne sécrétait à peu près pas de ferments oxydants. Son action, en présence des composés anthraquinoniques, ne devait, en conséquence, manifester que des différences insignifiantes avec les témoins. L'expérience a montré qu'il en est bien ainsi.

Les corps anthraquinoniques se sont donc comportés, en présence des ferments sécrétés par les Champignons, exactement comme pouvait le faire prévoir leur constitution chimique : action antioxygène nulle avec l'anthraquinone (dicétone); nette, au contraire, avec les anthraquinones phénoliques.

IMMUNOLOGIE. — *Relation entre le pouvoir toxique et le pouvoir antigène des toxines diphtériques*. Note [1] de MM. **G. Stodel** et **A. Bourdin**, présentée par M. H. Vincent.

Dans ses travaux sur la floculation, Ramon a montré qu'il y a une correspondance entre le pouvoir floculant et le pouvoir toxique d'une toxine diphtérique; cette correspondance existe pendant toute la durée de l'élaboration de la toxine au sein de la culture, de telle façon que le pouvoir floculant peut servir à titrer le pouvoir toxique [2].

Schmidt a confirmé cette constatation [3], et, plus tard, Ramon [4] a montré que le pouvoir floculant d'une toxine diphtérique mesure son pouvoir antigène. En d'autres termes, si l'on prend soin de récolter la toxine diphtérique avant que son pouvoir toxique ait commencé à diminuer, il y a correspondance entre le pouvoir toxique et le pouvoir antigène.

En appelant pouvoir toxique le pouvoir toxique maximum d'une culture diphtérique, nous nous sommes préoccupés de savoir si cette correspondance existe quelle que soit la richesse de la toxine en l'une et l'autre propriétés; et aussi de rechercher si cette correspondance pouvait se traduire par une relation mathématique.

En utilisant comme milieu de culture le bouillon Martin, simple ou additionné de glucose et ensemencé avec des bacilles diphtériques de souches différentes, nous avons préparé une gamme de toxines diphtériques allant des plus pauvres aux plus riches, savoir 2 unités à 20 unités.

L'expérience nous a montré que, dans les conditions dans lesquelles nous nous sommes placés, pour avoir une toxine possédant à la fois son maximum de toxicité et son maximum de pouvoir antigène (floculant), il faut faire une récolte au 9e jour de culture.

Pour chaque toxine filtrée au 9e jour, nous avons mesuré par floculation la valeur antigène exprimée en unités antigéniques au centimètre cube (l'unité antigénique définie par Ramon étant la quantité de toxine qui, ajoutée à l'unité antitoxique Ehrlich, provoque la floculation dans le temps

---

(1) Séance du 2 mai 1932.
(2) Ramon, *C. R. Soc. Biol.*, 89, 1923, p. 2.
(3) Schmidt, *C. R. Soc Biol.*, 90, 1924, p. 1178.
(4) Ramon, *Ann. Inst. Past.*, 38, 1924, p. 1.

minimum), et la valeur toxique pour le cobaye, en nombre de doses minima mortelles pour un cobaye de 250g contenues dans 1^{cm^3}.

L'expérience nous a montré que ces deux valeurs subissaient des variations de même sens, sans qu'il y ait cependant proportionnalité.

Voici quelques chiffres

Valeur antigène.	Toxicité cobaye.
4 unités...............	100 doses minima mortelles
8 »	400 »
10 »	600 »
12 »	900 »
13 »	1100 »
16,5 »	1600 »
20 »	2500 »

Si l'on porte en abscisses les valeurs antigènes x et en ordonnées les valeurs toxiques y, on obtient une courbe parabolique qui peut être définie par la formule :

$$y = \mathrm{K}x^2,$$

où K est une constante égale à 6,3.

Ainsi le pouvoir antigène et le pouvoir toxique d'une toxine diphtérique, préparée dans les conditions indiquées, sont liés dans leurs variations par une formule qui permet de déterminer le pouvoir toxique, connaissant le pouvoir antigène (mesuré si facilement par floculation) ou, inversement, le pouvoir antigène, connaissant le pouvoir toxique (déterminé sur le cobaye).

Expérimentalement, la connaissance de cette courbe permet dans tous les cas une économie considérable d'animaux et de temps, puisque l'on sait dans quelle zone doit porter toute vérification.

PATHOLOGIE. — *Un cas de blastomycose invétérée transmissible au cobaye, due à un* Saccharomyces *pathogène* (Saccharomyces Jadini *n. sp.*). Note (1) de MM. **A.** et **R. Sartory**, **J. Weill** et **J. Meyer**.

Nous rapportons aujourd'hui un cas (2) qui nous a paru digne d'attirer l'attention d'une façon toute spéciale, étant donnés les erreurs successives

(1) Séance du 2 mai 1932.

(2) Nous remercions bien sincèrement les docteurs Allenbach et Zimmer qui ont bien voulu nous fournir le matériel nécessaire à cette étude.

dans le diagnostic et les nombreux traitements nullement spécifiques qui lui ont été appliqués avant que les recherches de laboratoire aient décelé la véritable nature du parasite.

La malade, une jeune femme, a été traitée en 1924 pour ulcères de l'estomac; l'année suivante, le poids diminuant, la fièvre oscillant entre 38° et 39°, elle est soignée pour tuberculose; les épreuves spécifiques sont négatives de même que la recherche des parasites dans les selles. En 1926, la malade est opérée d'une gastro-entéro-anastomose; le suc gastrique montrant une hypochlorhydrie, celle-ci est corrigée par une médication à l'acide chlorhydrique. L'instabilité thermique, la perte de poids, l'état nerveux de la malade ayant suggéré le diagnostic de maladie de *Basedow*, on pratique ensuite une irradiation de la thyroïde qui reste sans effet. Durant les années 1927 et 1928, un traitement spécifique antisyphilitique est instauré; les séro-diagnostics sont négatifs vis-à-vis de la syphilis et de la fièvre de Malte. L'examen radiologique fait envisager une ostéite du sacrum; la malade avait attiré l'attention sur des douleurs ressenties dans cette région depuis 1924. Le traitement de Finikoff, pratiqué en 1929, est très mal toléré; l'année suivante il survient un abcès dans la région fessière; le pus est stérile; l'abcès guérit, puis s'ouvre de nouveau; en 1931, une nouvelle récidive est guérie chirurgicalement, puis un nouvel abcès apparaît; à ce moment on constate la présence d'une chaîne ganglionnaire montant vers le sacrum; un prélèvement de pus est examiné au laboratoire.

Il décèle un staphylocoque et de nombreuses cellules rondes 4 à 5 fois plus grandes que les coccis, en petits amas, par deux ou par quatre. Vu la taille de ces éléments on pense à une mycose. L'isolement réalisé, l'examen microscopique a donné les caractères suivants : Cellules levures rondes de 4 à 5^{μ} de diamètre. Très nombreux asques ($3^{\mu},75 \times 5^{\mu}$) ; ascospores au nombre de 2 ou de 4 ($1^{\mu},25$). Après fixation de l'espèce : cellules ovalaires (4 à $5^{\mu} \times 2$ à 3^{μ}) bourgeonnantes. Sur les milieux solides : formes filamenteuses ($1^{\mu},25$ à $2^{\mu},50$ de calibre sur 25 à 30^{μ} de long). A partir de ces formes fixes on a pu obtenir des asques à ascospores par cultures sur blocs de plâtre. Sur les milieux liquides, voile éphémère ; sur les milieux solides tapis blanc lisse à la périphérie, grumeleux et surélevé au centre ; la culture fonce en vieillissant. La gélatine n'est pas liquéfiée ; le lait est coagulé sans peptonisation, le blanc d'œuf n'est pas attaqué ; fermentation très active du glucose et du maltose ; pas d'action sur le lactose et le lévulose.

L'inoculation intracardiaque au cobaye a occasionné la mort du 5e au 7e mois ; pas d'adénopathie typique ; présence de nodules lympha-

tiques mésentériques, bronchiaux et mammaires; rate hypertrophiée (3 fois le volume habituel); macroscopiquement aspect spongieux, nodules gris jaunâtre; foie hypertrophié parsemé d'abcès miliaires; poumons parsemés d'abcès miliaires surtout le gauche. L'urine réduit la liqueur de Fehling. Histologiquement le foie et surtout la rate sont infestés par les levures avec formation de granulomes à nombreux macrophages et forte réaction du système reticulo-endothélial.

Les rétrocultures sont positives. Le traitement a été le suivant : injections intradermiques de sulfate de cuivre (3×2^{cg} par jour); la dose totale a été de 5^{g}, supportée facilement; la malade présentant une intolérance maximale à l'iode (œdème pulmonaire après trois piqûres de 1^{cm^3} de Lipiodol), congestion des muqueuses et catarrhe après $0^{cg},10$ d'iode, on emploie la néoiodipine Merck qui est supportée sans aucun signe d'iodisme; on la fortifie par l'insuline et les ultraviolets. La température a tendance à se régulariser alors, mais il persiste une fébricule; la gène nodulaire lymphatique disparaît, le poids monte (de 3^{kg}), l'abcès se résorbe, l'état général est bon.

	Sporo-agglutination.	
	Avant le traitement.	Après le traitement.
Rhinocladium Beurmanni......	1/500	1/150
Espèce étudiée.................	1/200	0

La radioscopie ne montre plus que l'image ostéokystique du sacrum.

Étant donnés ces résultats, nous pouvons conclure qu'il s'agit en l'espèce d'un cas de blastomycose dû à un *Saccharomyces*, d'après la classification de Guilliermond. L'infection expérimentale est positive pour le cobaye, de même que les rétrocultures. Le traitement au moyen de sulfate de cuivre et de néoiodipine a une action très favorable sur l'évolution de la maladie qui revêtait avant le traitement un caractère évolutif inquiétant avec début de cachexie.

Nous sommes heureux de dédier cette espèce nouvelle au professeur Jadin, doyen de la Faculté de Pharmacie de Strasbourg, et proposons pour elle le nom de *Saccharomyces Jadini* n. sp.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *La détermination des types du virus aphteux.* Note de M. **Joseph Lignières**, présentée par M. E. Leclainche.

Tous ceux qui se sont appliqués à découvrir un vaccin efficace contre la fièvre aphteuse ont constaté que cette découverte est trop complexe pour être le fait du hasard. Elle doit être le résultat de l'étude systématique et approfondie des virus aphteux.

On a cru pendant longtemps à l'unité du virus aphteux; puis, nous avons appris, grâce aux travaux de Vallée et Carré, qu'il existe deux types de virus aphteux, dénommés O et A, produisant les mêmes lésions, mais différents en ce sens qu'ils sont incapables d'immuniser l'un contre l'autre. En Allemagne, Waldmann a rencontré un troisième virus, C. A côté de ces types, on trouve aussi des virus un peu différents, des variantes comme quelques-uns les appellent.

Je voudrais aujourd'hui m'occuper de la détermination des types de virus aphteux.

Je me suis attaché à rechercher les meilleures méthodes pour établir le type de chaque virus lorsqu'on part d'une lésion aphteuse. Il faut se procurer des aphtes trés récents, non encore ouverts, si possible, et de préférence recueillis sur la langue de bovidés le jour de l'apparition de la maladie.

Pour les inoculations, l'emploi de bovidés étant trop coûteux, j'ai choisi le cobaye adulte ayant les quatre pattes blanches, en excellent état d'embonpoint, d'un poids moyen de 800g; l'inoculation du virus à déterminer est faite dans le derme de la face plantaire. Avant tout, il faut que le virus à essayer fasse à peu près toujours des lésions généralisées par inoculation au cobaye, ce qui s'obtient, le plus souvent, après 5 à 12 passages successifs sur cet animal. Dans ce cas, le cobaye montre, après 24 heures, une forte lésion vésiculaire à la patte inoculée et, bientôt après, l'extension des lésions aux autres pattes et parfois à la bouche. C'est donc lorsque le virus se généralise à coup sûr qu'on peut chercher à le déterminer, en l'inoculant à toute une série de cobayes guéris d'infections par des types bien connus. Si le virus nouveau est du type O, tous les cobayes guéris d'une infection à virus O ne présenteront aucune lésion, tandis que ceux immunisés par une inoculation antérieure du type A ou C montreront des lésions aux quatre pattes. Il arrive que le nouveau virus ne donne aucun résultat chez les cobayes ayant déjà reçu antérieurement un virus, bien qu'il appar-

tienne à l'un des types classiques. Ce résultat est dû à ce que le virus, bien que déterminant chez le cobaye neuf des lésions généralisées, n'est pas encore suffisamment accoutumé à cette espèce animale; il faut alors continuer les passages sur cobayes neufs et l'on constate qu'après le quinzième ou le vingtième passage l'inoculation croisée répond très clairement.

Au lieu d'employer des cobayes guéris d'une infection aphteuse, je me suis servi, souvent avec avantage. de cobayes vaccinés contre les prototypes de virus connus. Cette vaccination est très facile avec la méthode que j'ai établie et que je ferai connaître sous peu. Les cobayes ainsi vaccinés répondent d'ordinaire plus aisément lorsqu'on les inocule avec un nouveau virus. Chez les cobayes vaccinés par le même type de virus que celui à déterminer, lorsqu'on leur inocule ce dernier dans le derme de la face plantaire, le résultat de l'inoculation n'est pas toujours négatif. Il peut se produire des lésions locales d'intensité variable, depuis la petite tache de la grosseur d'un grain de riz, jusqu'à la vésicule envahissant la surface plantaire inoculée; mais. sans produire jamais la généralisation, c'est-à-dire l'apparition de lésions, même légères, aux autres pattes. La généralisation serait la preuve que le virus à l'essai est d'un type différent.

Ces résultats peuvent être dus à une sensibilité anormale d'un des cobayes inoculés; dans ce cas, les autres — on en inocule d'ordinaire quatre avec le même produit — ne présentent rien.

Quand tous les cobayes ou la majorité d'entre eux montrent des lésions locales nettes, on a affaire à une de ces variations qui sont si fréquentes dans la nature. Cette première épreuve, qui donne déjà des indications précieuses, n'est pas à elle seule suffisante; il faut faire toujours la contre-épreuve, qui consiste à attendre la guérison des cobayes généralisés avec le nouveau virus, pour leur inoculer aussi, à la face plantaire, aux uns le virus (O), aux autres les virus (A) et (C) respectivement.

C'est quand la première épreuve et la contre-épreuve donnent des résultats bien concordants qu'on peut être sûr du type de virus auquel on a affaire.

Une cause de difficultés grandes et même d'erreurs pour la détermination d'un nouveau virus réside dans l'emploi de prototypes de virus O, C ou A trop faibles ou insuffisamment caractérisés, comme c'est souvent le cas. Il faut avoir eu en main des prototypes forts et parfaitement tranchés et des virus bien déterminés, mais faibles, pour se rendre compte de cette observation capitale. En octobre 1930, M. le D[r] Andrews, de Londres, m'avait

envoyé trois virus aphteux nos 39, 71 et 72, atypiques, qu'il n'avait pu classer; à l'aide de mes virus forts, j'ai pu aisément les déterminer comme trois variantes du type O. Il importe, en même temps qu'on détermine le type auquel appartient un nouveau virus, de reconnaître sa valeur pathogène et immunisante, comparée à celle des prototypes du virus dont on s'est servi.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission de l'homme au cobaye (après passage par le rat) du virus typhique toulonnais (typhus endémique bénin des navires de guerre).* Note de MM. **Marcandier** et **Robert Pirot**, présentée par M. Ch. Nicolle.

Depuis que Plazy et ses collaborateurs ont signalé, pour la première fois, l'existence à bord des navires de guerre à Toulon d'une forme atténuée de typhus exanthématique ([1]), plusieurs essais de transmission directe de l'affection, du malade au cobaye, ont été tentés dans les laboratoires de la Marine.

Sur 21 inoculations, faites récemment, soit en partant de cas humains, soit après passage chez le singe, aucune n'a été nettement démonstrative. La recherche de l'affection inapparente n'a pas non plus donné de résultats précis.

En présence de ces échecs et connaissant la sensibilité du rat blanc au virus du typhus mexicain (Mooser), dont se rapproche notre typhus nautique toulonnais, nous avons eu l'idée d'exalter au préalable le virus d'origine humaine par passage chez ce rongeur.

On a cherché ensuite si l'inoculation du cerveau de rat au cobaye reproduirait les lésions caractéristiques (fièvre, périorchite), observées par Mooser au Mexique et par nous-mêmes à Toulon, en partant des rongeurs naturellement infectés ([2]).

Un rat, *Mus decumanus* femelle, variété pie agouti-pâle, provenant d'un élevage anglais sélectionné, est inoculé, dans le péritoine, avec 2^{cm^3} de sang du malade R... du cuirassé *Paris*, au 4e jour (température 39°,5) d'un typhus bénin typique, dont le

([1]) Plazy, Marçon et Carboni, *Typhus endémique bénin (maladie de Brill)* (*Bull. Acad. Méd.*, 98, 1927, p. 348).

([2]) Marcandier et R. Pirot, *Présence d'un virus, voisin de celui du typhus exanthématique, chez les rats des navires de guerre à Toulon* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 399).

Weil-Felix atteindra le taux de 1/2000 à la convalescence (service de M. le professeur Plazy).

La température du rat, qui était de 36°,8 avant l'inoculation, oscille entre 36°,8 et 37° pendant 5 jours; au 6e jour, montée brusquement à 38°, puis défervescence rapide. Au 8e jour, le rat est sacrifié. Son cerveau, broyé aseptiquement, est passé à un cobaye 70. Au 7e jour, début d'une élévation thermique, avec périorchite violente caractéristique.

L'évolution fébrile est absolument superposable à celle des cobayes qui servent à l'entretien de la souche murine du laboratoire, souche dont le point de départ est précisément un rat, naturellement infecté du *Paris*, bâtiment auquel appartenait le malade.

Les cobayes, inoculés avec ce virus d'origine humaine, ont résisté à l'inoculation ultérieure d'un virus murin, souche issue du cuirassé *Paris*.

Cette sensibilité du rat, qui facilite l'expérimentation en partant de la maladie humaine, rapproche encore le virus toulonnais du virus mexicain; elle confirme l'origine murine du typhus bénin, observé à bord de nos navires de guerre.

ENTOMOLOGIE MÉDICALE. — *Les races trophiques de l'*Anopheles maculipennis *décelées par les élevages expérimentaux comparés.* Note de M. E. **Roubaud**, présentée par M. F. Mesnil.

J'ai pu réunir et éduquer à l'Insectarium de l'Institut Pasteur une quinzaine de souches européennes différentes de l'*Anopheles maculipennis* : Espagne (Provinces de Jaen, Caceres, Huelva, Murcie, etc.), Italie (Toscane, Marais Pontins), Autriche, Pays-Bas, Angleterre, France (régions diverses). La comparaison, en conditions strictement semblables, de ces différents types du même moustique m'a permis de contrôler directement la thèse que j'ai formulée touchant la différenciation dans l'espèce, si importante au point de vue antipaludique, de races trophiques différentes.

J'indiquerai d'abord que la réunion à l'état vivant, dans un même centre de recherches, de représentants éloignés d'une espèce aussi fragile, se fait plus facilement en hiver. L'expérience m'a permis de constater qu'à cette saison les moustiques supportent très aisément le transport à longue distance. Des Anophèles, expédiés par la poste sans précautions spéciales, en tubes de verre ou boîtes de cigares, me sont parvenus bien vivants du sud de l'Espagne. Une centaine d'Anophèles envoyés par avion de l'Italie méridionale, dans une mallette de bois, par A. Missiroli, ont eu à supporter

en fin décembre pendant leur transport un froid sévère, encore accru par la haute altitude au passage des Alpes. Ces moustiques gelés sont arrivés complètement inertes, morts en apparence; placés à température douce, en milieu humide, ils ont peu à peu repris toute leur vitalité et aucune mortalité n'a été enregistrée. Contrairement à ce que l'on suppose, le froid n'est donc pas un obstacle au transport artificiel des moustiques; il facilite au contraire leur dispersion à grande distance en diminuant leurs besoins alimentaires. C'est là, entre autres, une raison de plus de redouter le rôle de l'avion dans la dispersion mondiale possible des espèces pathogènes de Culicides.

L'étude comparative des souches européennes diverses introduites à l'Insectarium a permis, d'autre part, de distinguer nettement les peuplements, sous le rapport de leurs affinités zoophiles ou anthropophiles. Les moustiques étant placés dans des terrariums vitrés, uniformes, de $40 \times 40 \times 30^{cm}$, on éprouvait tous les jours leur temps de réponse à l'attraction comparée du bras humain ou d'un animal d'épreuve (cobaye), introduits dans les boxes. Il a ainsi été reconnu de façon certaine que les seules souches donnant dans ces conditions une réponse de priorité constante pour l'attaque de l'homme sont des souches *paucidentées* dont l'armement maxillaire, le plus faible connu, ne dépasse pas la moyenne générale de 14 dents avec large prédominance d'individus à 13-14 dents. Deux souches, l'une du Sud-Espagne (Murcie), l'autre des Marais Pontins, identiques par leur faible indice maxillaire, ont révélé les mêmes préférences anthropophiles. Ces caractères, suivis dans trois générations successives, se sont montrés stables et héréditaires, rendant pratiquement impossible l'entretien libre sur cobaye de ces souches. Le recours au bras humain fut indispensable pour assurer les élevages.

Toutes les autres souches européennes expérimentées, souches multidentées ayant généralement plus de 15 dents aux maxilles, ont réagi au cobaye de préférence à l'homme, rendant leur entretien facile sur l'animal d'épreuve. La zoophilie, ainsi exprimée comme caractère de race trophique indiscutable, a donc bien pour appui morphologique la différenciation plus poussée de la scie maxillaire des moustiques. Il a été constaté, d'autre part, que les femelles à dents maxillaires nombreuses des peuplements zoophiles se gorgent généralement plus vite sur l'animal que les femelles paucidentées des peuplements anthropophiles; celles-ci se gorgent beaucoup plus facilement sur l'homme.

La comparaison de deux souches classiques d'Anophèles italiens, l'une

originaire d'une région non palustre (Massarosa en Toscane), l'autre d'une région très palustre (Marais Pontins), a confirmé l'accord de ces données avec l'évolution générale du paludisme en Europe. J'ai pu vérifier la zoophilie élective de la souche toscane de Massarosa, que j'avais prévue dès 1921, à distance, sur des documents de statistique (1). Cette souche *multidentée* est facile à distinguer, d'autre part, de celle *paucidentée*, de Tor Tre Ponti (Marais Pontins), souche électivement anthropophile comme l'ont bien vu Missiroli et Hackett. L'étude de l'indice maxillaire appuie nettement dans ce sens celle des réactions trophiques pour la distinction des deux souches; elle éclaire aussi les différences régionales observées au point de vue de l'endémie palustre.

A $15^h 25^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^h 55^m$.

E. P.

(1) *Bull. Soc. Path. Exot.*, 14, IX, 1921, p. 578.

ERRATA.

(Séance du 14 mars 1932.)

Note de M. *Karol Borsuk*, Sur la notion de contractibilité locale des ensembles :

Page 952, lignes 17, 18 en remontant, *au lieu de* Dans la suite, j'entendrai pour abréger par ensembles les ensembles métriques et compacts en soi, *lire* Dans la suite, j'entendrai pour abréger par ensembles les ensembles métriques et compacts en soi de dimensions finies.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 17 MAI 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **A. Weinstein**, professeur de l'Université de Breslau, qui assiste à la séance.

M. **Ch. Richet** offre à l'Académie pour ses Archives des manuscrits de P. S. Girard et d'Alfred Richet.

IMMUNOLOGIE. — *Sur les propriétés cryptotoxiques de l'α-oxynaphtoate de sodium. Son action spéciale sur la toxine diphtérique.* Note de MM. **H. Vincent** et **L. Velluz**.

Parmi les acides organiques en combinaison sodique qui possèdent la propriété spéciale de neutraliser les toxines microbiennes, et sur lesquels l'un de nous a appelé l'attention [1], le groupe le plus important et le plus actif est constitué par certains acides à noyau benzénique ou par leurs dérivés substitués. Les plus caractéristiques, à cet égard, sont les acides benzoïque et salicylique (orthoxybenzoïque) [2], auxquels sont venus s'adjoindre les acides oxybenzoïques halogénés et, en particulier, l'acide 3.5-diiodosalicylique [3]. Les acides salicyl-salicylique, vanillique, phényl-

---

(1) H. Vincent, *Sur quelques substances non colloïdales à propriétés cryptotoxiques* (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1175, etc.).

(2) *Id.*; *Bull. de l'Académie de Médecine*, 100, 1928, n° 28.

(3) H. Vincent, *C. R. Soc. Biol.*, 103, 1930, p. 747; H. Vincent et L. Velluz *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 648; 193, 1931, p. 969.

butylacétique, etc. (¹), se rangent parmi ces corps à fonction cryptotoxique. Mis en présence de diverses toxines microbiennes, mais surtout de la toxine tétanique, ils les inactivent après un contact de quelques jours à la température de 38°-39° et les transforment en cryptotoxines inoffensives.

Nous avons poursuivi ces recherches avec un acide-phénol de la série naphtalénique, l'acide α-oxynaphtoïque $C^{10}H^{6}\begin{cases}OH\ (1)\\COOH\ (2)\end{cases}$. Quatre milligrammes d'acide α-oxynaphtoïque (en solution sodique) neutralisent, en quatre jours, à 38°-39°, 500 d. m. de toxine tétanique. Les injections de cette cryptotoxine confèrent rapidement au cobaye une immunité solide. A l'égard de la toxine tétanique, l'acide α-oxynaphtoïque est donc environ dix fois plus actif que l'acide orthoxybenzoïque et dix fois moins que l'acide 3.5-diiodosalicylique.

Mais, comparé aux autres corps à fonction cryptotoxique, *il possède une propriété qui lui est spéciale : c'est son action neutralisante élective sur la toxine diphtérique*. Celle-ci, en effet, se montre régulièrement plus résistante que les autres toxines microbiennes à l'action des nombreux corps étudiés jusqu'ici. Par contre, une proportion de 10^{mg} (en acide α-oxynaphtoïque), pour 1^{cm^3} de diverses toxines diphtériques qui tuent respectivement le cobaye de 250^g aux doses de $1/700^e$, $1/1600^e$ et $1/2500^e$ de centimètre cube — cette dernière toxine titrait 20 unités antigéniques — les neutralise toutes uniformément, en 4 ou 5 jours, à la température de 38°-39° (²). Le cobaye de 360^g supporte impunément, d'emblée, l'injection de 1^{cm^3} de la toxine mortelle au $1/2500^e$ de centimètre cube et neutralisée

(¹) L. Velluz, *C. R. Soc. Biol.*, **109**, 1932, p. 178 et 269.

(²) Ces faits montrent, d'une manière générale, que la dose minima neutralisante du corps cryptotoxique est, dans une certaine mesure, indépendante du nombre d'unités toxiques contenues dans la toxine. Elle est fonction à la fois de la nature de la toxine et de celle de l'agent cryptotoxique, mais elle l'est aussi du *degré de concentration* de ce dernier. Qu'il s'agisse de l'acide salicylique, de l'acide benzoïque ou de tout autre anticorps chimique à propriétés cryptotoxiques, la dose minima neutralisante n'est pas rigoureusement proportionnée à celle des unités toxiques contenues dans la toxine. En d'autres termes, si 10^{mg} sont nécessaires pour neutraliser 500 d. m. d'une toxine, 5^{mg} n'ont pas le même pouvoir neutralisant absolu vis-à-vis de 250 d. m. de celle-ci. En conséquence, ces expériences nécessitent l'emploi de solutions concentrées du corps cryptotoxique. Dans les recherches ci-dessus, nous avons utilisé une solution à 10 pour 100 d'acide α-oxynaphtoïque (à l'état de sel sodique). Cette solution cristallise à la température ordinaire, mais devient homogène à 30°-40°.

par l'α-oxynaphtoate de sodium. L'activité de ce corps à l'égard des toxines diphtériques les plus puissantes est donc très élevée.

Les injections de ces cryptotoxines diphtériques sous la peau du cobaye ne déterminent ni escarre locale, ni paralysies, ni troubles généraux. La moitié des cobayes inoculés a un amaigrissement, d'ailleurs léger et temporaire, à l'occasion des premières injections; certains autres augmentent de poids.

Si l'on renouvelle les injections de cryptotoxine diphtérique α-oxynaphtoïque, on confère aux animaux une immunité solide. Dix cobayes d'un poids compris entre 260^g et 430^g ont reçu tous les deux jours de la toxine diphtérique (mortelle à $1/700^e$ de centimètre cube), combinée à des proportions graduellement décroissantes d'acide α-oxynaphtoïque en solution sodique. Au total, on leur a injecté $5^{cm^3},5$ de toxine ainsi neutralisée. A ce moment, le sérum de l'un des cobayes titrait près de 1 U. A.

On a pu injecter ensuite à ces cobayes de la toxine pure ($0^{cm^3},25$, $0^{cm^3},5$, 1^{cm^3}) de même pouvoir toxique puis, en une fois, 4^{cm^3} d'une toxine diphtérique mortelle au $1/1600^e$ de centimètre cube. Après cette dernière injection, l'un d'eux étant sacrifié, son sérum renfermait par centimètre cube plus de 10 U. A. L'un des animaux a reçu, en une fois aussi, 5^{cm^3} de toxine mesurant, en valeur antigène, 20 unités (Lmn $= 1/2500^e$ de centimètre cube). Ces cobayes n'ont présenté aucun symptome anormal. Ils avaient donc acquis, après les injections de cryptotoxine diphtérique α-oxynaphtoïque, une immunité de plus en plus forte.

L'absence de toute réaction appréciable témoigne, en conséquence, comme l'ont montré les expériences faites avec les cryptotoxines tétaniques diverses ([1]), que l'immunité conférée par les agents cryptotoxiques est liée, non à une fraction de toxine qui n'aurait pas été neutralisée par l'anticorps chimique, mais au complexe cryptotoxique lui-même dans lequel l'élément toxique, non détruit, mais neutralisé dans son pouvoir nocif, conserve cependant sa capacité immunigène.

([1]) H. VINCENT, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1307; **184**, 1927, p. 921; *C. R. Soc. Biol.*, **95**, 1926, p. 1525, etc.; H. VINCENT et L. VELLUZ, *Sur les propriétés immunigènes de la cryptotoxine diiodosalicylique* (*Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 969).

ÉLECTRICITÉ. — *Effet de l'hystérésis dans le chauffage par champ magnétique oscillant.* Note ([1]) de M. **André Blondel.**

On connaît la théorie du chauffage d'un cylindre métallique par un champ alternatif parallèle à son axe. On se propose d'examiner ici l'influence de l'hystérésis si le métal est magnétique. Pour plus de généralité, on suppose le corps chauffé formé d'un long tube cylindrique de rayons intérieur r_1 et extérieur r_2.

La bobine primaire, supposée aussi indéfinie suivant l'axe, a N spires par unité de longueur et est parcourue par un courant $i = \bar{I}\sqrt{2}\,e^{j\omega t}$, en appelant I l'intensité efficace. L'intensité du champ produit varie de même : $h = \bar{\mathcal{H}}\sqrt{2}\,e^{j\omega t}$, avec $\bar{\mathcal{H}} = 4\pi N\bar{I}$. On supprime $e^{j\omega t}$ facteur commun.

Toutes les variables sont représentées désormais par leurs vecteurs efficaces indiqués par un trait horizontal; ce sont des grandeurs complexes de la forme $a + jb$.

Soient μ la perméabilité, χ le facteur de réduction hystérétique, α l'angle hystérétique, β son complément $\beta = \pi/2 - \alpha$, ρ la résistivité; le facteur de propagation de l'onde est

$$(1) \qquad \bar{n} = \sqrt{\frac{4\pi j \mu\chi\omega j^{\frac{2}{\pi}\alpha}}{\rho}} = n\left(\cos\frac{\beta}{2} + j\sin\frac{\beta}{2}\right).$$

avec

$$(1\ bis) \qquad n = \sqrt{\frac{4\pi\mu\chi\omega}{\rho}} = 2\pi\sqrt{\frac{2\mu\chi f}{\rho}}.$$

Désignons par $F(\bar{n}r)$ les fonctions de Bessel de première espèce modifiées ([2]) et par $K(\bar{n}r)$ les fonctions de seconde espèce; par $\bar{A}$ et $\bar{B}$ deux constantes à déterminer. Le champ et la densité de courant à la distance r de l'axe peuvent être représentés par les expressions à deux termes :

$$(2) \qquad \bar{\mathcal{H}} = \bar{A}F_0(\bar{n}r) + \bar{D}K_0(\bar{n}r),$$

$$(3) \qquad \bar{\Delta} = \frac{1}{4\pi}\frac{\partial\bar{\mathcal{H}}}{\partial r} = \frac{\bar{n}}{4\pi}[\bar{A}F_1(\bar{n}r) - \bar{D}K_1(\bar{n}r)],$$

en désignant par les indices o et 1 respectivement les fonctions de l'ordre o et 1 respectivement.

([1]) Séance du 9 mai 1932.

([2]) Suivant la notation de Nicolas, au lieu de $I(nr)$ qui risquerait d'être confondu avec un courant. On a

$$F_0(\bar{n}r) = J_0(j\bar{n}r), \qquad F_1(\bar{n}r) = -J_1(jnr), \qquad F'_0 = F_1, \qquad K'_0 = -K_1.$$

Les champs magnétiques $\mathcal{H}_1$ et $\mathcal{H}_2$ sur les deux surfaces satisfont aux conditions d'excitation par une bobine ayant N tours par unité de longueur,

$$(4) \qquad \overline{\mathcal{H}}_2 = \overline{A} F_0(\overline{n}r_2) + \overline{D} K_0(\overline{n}r_2) = 4\pi \overline{N}\overline{I},$$

$$(5) \qquad \overline{\mathcal{H}}_1 = \overline{A} F_0(\overline{n}r_1) + \overline{D} \overline{K}_0(\overline{n}r_1) = 4\pi(N\overline{I} + \overline{I}_2).$$

Par différence on peut obtenir I_2, quand $\overline{A}$ et $\overline{D}$ sont connus. Pour les déterminer, on utilisera (4) et une autre relation (6) entre le flux total Φ et la force électromotrice induite $\overline{\mathcal{E}}_2$ sur la surface $r = r_2$,

$$\overline{\mathcal{E}}_2 = \rho \overline{\Delta}_2 = -j\omega\overline{\Phi} = -j\omega\pi r_1^2 \overline{\mathcal{H}}_1 - j\omega \int_{r_1}^{r_2} 2\pi r \overline{\mathcal{H}} \mu\chi(\cos\alpha - j\sin\omega),$$

ou, en développant et intégrant suivant les règles connues,

$$(6) \qquad \begin{aligned} &\frac{\rho\overline{n}}{4\pi}[\overline{A} F_1(\overline{n}r_2) - \overline{D} K_1(\overline{n}r_2)] \\ &\quad = -j\omega\pi r_1^2[\overline{A} F_0(\overline{n}r_1) + \overline{D} K_0(\overline{n}r_1)] \\ &\quad\quad - \frac{j\omega}{j\overline{n}} 2\pi\mu\chi(\cos\alpha - j\sin\alpha)\{\overline{A}[r_2 F_1(\overline{n}r_2) - r_1 F_1(\overline{n}r_1)] \\ &\quad\quad\quad - \overline{D}[r_2 K_1(\overline{n}r_2) - r_1 K_1(\overline{n}r_1)]\}. \end{aligned}$$

Si l'hystérésis est négligeable, les fonctions F et K sont fonctions seulement de $j^{1/2}nr$ et calculables par les tables existantes de *ber*, *bei*, *ker*, *kei*, etc. Quand il y a de l'hystérésis, le seul moyen est de remplacer les F et K par leurs valeurs asymptotiques (7) et (8).

Mais on peut se contenter d'une approximation en supposant que les courants induits, concentrés surtout près de la surface $r = r_2$, ont une somme $\overline{I}_2$ sensiblement égale à NI, et en annulant, par suite, le second membre de (5), qui devient (5 *bis*),

$$(5\ bis) \qquad \overline{A} F_0(\overline{n}r_1) + \overline{D} K_0(\overline{n}r_1) = 0.$$

On remarquera, d'après (5 *bis*), que si $r_1 = 0$, on aura $\overline{D} = 0$.

D'ailleurs, le desideratum pour obtenir la meilleure utilisation du courant primaire $\overline{I}$, est que I_2 soit le plus grand possible.

$\overline{n}r$ est toujours assez grand pour justifier l'emploi des valeurs asymptotiques connues,

$$(7) \qquad F_0(\overline{n}r) = F_1(\overline{n}r) \simeq \frac{e^{\overline{n}r}}{\sqrt{2\pi\overline{n}r}},$$

$$(8) \qquad K_0(\overline{n}r) = K_1(\overline{n}r) \simeq \pi \frac{e^{-\overline{n}r}}{\sqrt{2\pi\overline{n}r}}.$$

En les substituant dans (4) et (5 *bis*) avec la condition $\bar{n}r_1 > 0$, on a

$$(9) \qquad \bar{A}e^{\bar{n}r_2} + \pi\bar{D}e^{-\bar{n}r_2} = 4\pi NI\sqrt{2\pi\bar{n}r_2},$$

$$(10) \qquad \bar{A}e^{\bar{n}r_1} + \pi\bar{D}e^{-\bar{n}r_1} = 0.$$

D'où l'on tire

$$\bar{A} = \frac{2\pi NI\sqrt{2\pi\bar{n}r_2}\,e^{\bar{n}r_1}}{\operatorname{sh}\bar{n}(r_2 - r_1)},$$

$$\bar{D} = -\frac{2\pi NI\sqrt{2\pi\bar{n}r_2}\,e^{-\bar{n}r_1}}{\operatorname{sh}\bar{n}(r_2 - r_1)} = -\frac{1}{\pi}e^{2\bar{n}r_1}\bar{A}.$$

En reportant (7) et (8) dans (3) et (2), on a

$$\bar{\Delta} = \frac{\bar{n}}{2}NI\sqrt{\frac{2\pi\bar{n}r_2}{2\pi\bar{n}r}}\,\frac{e^{-\bar{n}(r-r_1)} + e^{-\bar{n}(r-r_1)}}{\operatorname{sh}\bar{n}(r_2 - r_1)} = \bar{n}NI\sqrt{\frac{r_2}{r}}\,\frac{\operatorname{ch}\bar{n}(r - r_1)}{\operatorname{sh}\bar{n}(r_2 - r_3)},$$

$$\bar{\mathcal{H}} = 4\pi NI\sqrt{\frac{r_2}{r}}\,\frac{\operatorname{sh}\bar{n}(r - r_1)}{\operatorname{sh}\bar{n}(r_2 - r_1)}.$$

On en déduit, par le vecteur de Poynting, la puissance complexe $P + jH$ absorbée par la surface $r = r_2$ (la puissance sortant par la surface $r = r_2$ étant considérée comme négligeable), en désignant par ε l'épaisseur $r_2 - r_1$

$$P + jH = 2\pi r_2\frac{\bar{\mathcal{H}}_2\rho\bar{\Delta}_2}{4\pi} = 2r_2\pi(NI)^2\bar{n}\frac{1}{\operatorname{th}\bar{n}\varepsilon}.$$

Remplaçant $\bar{n}$ par sa valeur (1) et $\operatorname{th}\bar{n}(r_2 - r_1)$ par son développement

$$\operatorname{th}\left[(\bar{n}\varepsilon)\left(\cos\frac{\beta}{2} + j\sin\frac{\beta}{2}\right)\right] = \frac{a + jb}{c},$$

en appelant a et b respectivement les parties réelle et imaginaire des numérateurs et c le dénominateur des deux fractions

$$\frac{a}{c} = \frac{\operatorname{sh}\left(2n\varepsilon\cos\frac{\beta}{2}\right)}{\operatorname{ch}\left(2n\varepsilon\cos\frac{\beta}{2}\right) + \cos\left(2n\varepsilon\sin\frac{\beta}{2}\right)},$$

$$\frac{b}{c} = \frac{\sin\left(2n\varepsilon\sin\frac{\beta}{2}\right)}{\operatorname{ch}\left(2n\varepsilon\cos\frac{\beta}{2}\right) + \cos\left(2n\varepsilon\sin\frac{\beta}{2}\right)}.$$

On en déduit

$$P+jH=2\pi r_2(NI)^2 n\frac{\cos\frac{\beta}{2}+j\sin\frac{\beta}{2}}{a+jb}\left[\operatorname{ch}\left(2n\varepsilon\cos\frac{\beta}{2}\right)+\cos\left(2n\varepsilon\sin\frac{\beta}{2}\right)\right]$$

$$=2\pi r_2(NI)^2 n\frac{a\cos\frac{\beta}{2}+b\sin\frac{\beta}{2}+j\left(a\sin\frac{\beta}{2}-b\cos\frac{\beta}{2}\right)}{a^2+b^2}$$

$$\times\left[\operatorname{ch}\left(2n\varepsilon\cos\frac{\beta}{2}\right)+\cos\left(2n\varepsilon\sin\frac{\beta}{2}\right)\right].$$

Le terme réel exprime la puissance, le terme imaginaire l'hormanance. Cette formule est un peu compliquée mais permet les calculs numériques.

Quand il n'y a pas d'hystérésis, on a

$$\frac{\beta}{2}=\frac{\pi}{4};\qquad \cos\frac{\beta}{2}=\sin\frac{\beta}{2}=\frac{1}{\sqrt{2}}.$$

Pour les métaux magnétiques, on peut simplifier le calcul en supposant le courant assez concentré vers la surface extérieure pour qu'on puisse négliger l'onde réfléchie par la surface intérieure, et faire $r_1=0$ et $\bar{D}=0$. D'où simplement

$$\bar{\mathcal{H}}=\bar{\mathcal{H}}_2\frac{F_0(\bar{n}r)}{F_0(\bar{n}r_2)}\approx 4\pi NI\sqrt{\frac{r_2}{r}}e^{\bar{n}(r-r_2)},$$

$$\Delta=\frac{\bar{n}}{4\pi}AF_2(nr)=\bar{n}NI\frac{F_1(nr)}{F_0(nr_2)}=\bar{n}NI\sqrt{\frac{r_2}{r}}e^{\bar{n}(r-r_2)},$$

et sur la surface r_2

$$P+jH=2\pi r_2\frac{\mathcal{H}_2\rho\,\Delta_2}{4\pi}=(NI)^2\,2\pi r_2 n\left(\cos\frac{\beta}{2}+j\sin\frac{\beta}{2}\right).$$

Quand l'hystérésis est nulle, $\beta/2=\pi/4$, $\sin\beta/2=\cos\beta/2=1/\sqrt{2}$. On retombe sur des expressions connues.

Les équations qui précèdent montrent que, si le corps chauffé est un métal magnétique, la puissance peut se trouver notablement modifiée à la fois par le facteur de réduction χ qui figure dans n, et par la modification de l'angle β. Un angle hystérésique $\alpha=40°$ a pour effet de remplacer $\beta/2=\pi/4=45°$ par $\beta/2=25°$.

Il en résulte, en général, une augmentation de la puissance réelle consommée. Ce qui précède suffit à montrer l'intérêt de l'angle hystérésique, introduit en électricité par Steinmetz.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Le Rat, animal réactif des typhus endémiques bénins. Longue conservation de leurs virus chez le Rat.* Note de MM. **Charles Nicolle, J. Laigret, Marcandier** et **R. Pirot.**

Les travaux de l'Institut Pasteur de Tunis avaient montré que le rat peut contracter expérimentalement le typhus de l'Ancien Monde sous forme d'infection inapparente.

Des observations et des recherches d'ordre étiologique plus récentes ont fait soupçonner, puis prouvé qu'on pouvait rencontrer, chez le rat, dans certaines conditions naturelles, les virus des typhus bénins. L'étude expérimentale de ces virus a suivi.

Il nous a paru intéressant de poursuivre systématiquement cette étude dans tous ses détails en y employant les trois virus typhiques que nous possédons : un virus africain, entretenu sur cobayes depuis huit ans; un virus isolé du rat à Mexico par Mooser; un autre virus murin en provenance des vaisseaux de guerre de Toulon.

Maladie expérimentale du rat blanc. — *Virus africain.* — Confirmation des données établies. L'infection est inapparente; elle reste telle après 13 passages par rats.

Virus mexicain (14 rats, inoculés dans les mêmes conditions par voie péritonéale avec le cerveau de cobayes infectés). — Infection constante et presque constamment fébrile. La fièvre est souvent suivie d'hypothermie mortelle. Chez les mâles, fréquence d'une fausse paraplégie due à la gêne causée par la tuméfaction des bourses. L'incubation a été 2 fois de 2 à 4 jours, 12 fois de 4 à 11. La fièvre a eu 9 fois une durée de 1 à 3 jours, 5 fois de 4 à 11 jours. La température normale des rats, bien nourris et protégés du froid, étant de 37° à 37°,5, huit de nos rats infectés ont dépassé 39° (max. 40°), cinq ont oscillé entre 38° et 39°, trois sont morts dans l'hypothermie, sans avoir présenté de fièvre. La mortalité a été élevée dans cette série (8 morts); elle a baissé quand nous avons inoculé des doses plus faibles de virus.

Virus de Toulon (même nombre de rats suivis). — Constatations analogues. Incubation 2 à 4 jours 5 fois, 5 à 7 jours 9 fois. Durée de la fièvre 1 à 3 jours 8 fois, 5 à 10 jours 6 fois. La fièvre a dépassé 39° chez 10 rats (max. 40°,4), elle a oscillé entre 38° et 39° chez les autres. Il y a eu 6 morts; même baisse de la mortalité par emploi de doses faibles.

Rechutes fébriles dans le typhus bénin expérimental du rat. — Nous avons observé trois fois des rechutes fébriles.

1. *Virus mexicain.* — Incubation 5 jours; 1re fièvre 4 jours (plus de 39°); intervalle 3 jours; 2e fièvre 4 jours (entre 38° et 39°).

2. *Virus mexicain.* — Incubation 6 jours; 1re fièvre 2 jours (plus de 39°); intervalle 7 jours; 2e fièvre 6 jours (max. 40°; mort au 6e jour avec 39°).

3. *Virus de Toulon.* — Incubation 2 jours; 1re fièvre 10 jours (max. 38°,6); intervalle 3 jours; 2e fièvre 2 jours (max. 38°,4).

Renforcement du pouvoir pathogène des virus benins par passages par rats. — Ce renforcement est très net. Il a été mis à profit par nous pour sauver le virus mexicain qui ne donnait plus que des infections inapparentes sur cobayes et sur singes. Il a permis de constater l'infection inapparente d'animaux qui semblaient réfractaires au typhus. Il a rendu un virus mexicain actif pour le cobaye.

Longue conservation des virus bénins chez le rat. — La facilité avec laquelle l'infection naturelle du rat a été constatée dans les enquêtes de Mexico par Mooser, de Toulon par Marcandier et Pirot, d'Athènes et du Pirée par J. Lépine, de Paris par E. Brumpt, nous a frappés. Nous avons pensé qu'elle ne pouvait s'expliquer que par une longue persistance des virus du typhus bénin chez le rat. Il en est bien ainsi.

Virus mexicain. — La virulence du cerveau du rat blanc infecté a été constatée aux 10e, 20e (2 fois) et 30e jours de la chute de la température. Ces jours correspondent aux 19e, 30e, 36e et 37e jours de l'inoculation. Chez le cobaye, nous avons constaté de même la conservation du virus dans le cerveau les 10e et 20e jours de l'apyrexie, 29e et 37e jours de l'inoculation.

Virus de Toulon. — La virulence du cerveau du rat infecté a été constatée les 10e, 20e, 25e et 30e jours après la chute de la température, correspondant aux 20e, 30e, 32e et 33e jours de l'inoculation. Chez le cobaye, nous avons constaté la conservation du virus dans le cerveau les 10e et 20e jours de l'apyrexie, 32e et 41e jours de l'inoculation.

Virus africain. — L'absence de fièvre chez les rats, infectés de ce virus, empêche toute recherche. Chez le cobaye la virulence du cerveau cesse peu de jours après la baisse de la température (expériences négatives les 5e et 10e jours).

Résumé et conclusions. — 1. Le rat n'est pas seulement le réservoir des virus des typhus bénins (Mexique, Toulon); il en est en outre l'animal réactif. Sa sensibilité, qui se traduit par une fièvre, souvent suivie d'une hypothermie mortelle, sépare ces virus de celui de l'Ancien Monde qui, même après 13 passages, ne donne au rat qu'une infection inapparente.

2. L'emploi du rat s'impose donc pour le renforcement de ces virus et pour le dépistage des infections inapparentes qu'ils déterminent chez les animaux peu sensibles.

3. Les rats, infectés par les virus des typhus bénins, présentent parfois des rechutes fébriles. Ce fait est à rapprocher de l'opinion de certains médecins mexicains qui prétendent que le typhus de leur pays rechute et récidive parfois.

4. La longue conservation des virus des typhus bénins chez le rat explique le caractère endémique de la maladie dans cette espèce. L'opinion, exprimée par Brumpt, d'une courte immunité suivie de réinfections successives, est contredite par les faits.

5. Le comportement si différent du rat vis-à-vis du typhus de l'Ancien Monde et des typhus bénins est, sans doute, le meilleur caractère qui sépare ces deux groupes de fièvres exanthématiques. Il doit être utilisé pour leur diagnostic en pratique.

6. La terminologie employée pour désigner les divers typhus, est infiniment trop riche; elle trouble le lecteur non averti. Il y aurait intérêt à la réduire à deux termes : *Typhus historique* (Ancien Monde), *Typhus murin* (Typhus du Nouveau Monde, Typhus de Toulon, Athènes, Paris et des autres points du globe où de telles infections, communes à l'homme et au rat, seront découvertes par la suite).

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Essai de restauration du virus rabique fixe par passages intra-cérébraux sur le Chien.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **L. Balozet**.

Le virus rabique fixe de Pasteur, employé dans la plupart des Instituts pour le traitement préventif de la rage, a subi actuellement environ deux mille passages par le cerveau du lapin. De ce fait, il a acquis un certain nombre de propriétés nouvelles, notamment une moindre virulence pour l'homme. Cette diminution d'activité s'accentue d'années en années. Certains spécialistes de la rage, craignant que le virus fixe de Pasteur ne perde un jour, de ce fait, les propriétés vaccinales qu'il possède encore aujourd'hui, ont préconisé l'emploi, pour le traitement, de souches de virus fixe nouvelles, plus rapprochées, par cela même, de celles de Pasteur à son origine.

Au lieu de recourir à des souches inconnues, l'idée vint à l'un de nous et

à Et. Burnet de tenter de restituer sa virulence primitive au virus fixe de Pasteur par passages successifs sur le chien, en employant la voie cérébrale. Lorsque les premiers résultats furent publiés, au onzième passage, le virus n'avait manifesté aucun changement dans ses propriétés pathogènes [1].

Au total, depuis l'origine, 106 passages ont été actuellement effectués. L'évolution de la maladie expérimentale du chien reste identique à ce qu'elle était à l'origine des passages, et si l'on s'en tenait à ce caractère, on pourrait croire que le virus n'a pas subi de modifications : la période d'incubation varie de 4 à 7 jours et la mort survient toujours du 7e au 9e jour après l'inoculation; il ne se manifeste donc pas de tendance à la diminution de la durée de la maladie et de son incubation. Les signes d'excitation sont exceptionnels; ils n'ont pas été plus fréquemment observés que sur les chiens, inoculés avec le virus fixe habituel. Le virus « restauré » ne donne pas lieu, plus que ce dernier, à la formation de corps de Negri dans le cerveau du chien.

La comparaison de l'action des deux virus sur divers animaux d'expériences révèle, au contraire, des différences intéressantes.

1° *Lapin*. — Le virus fixe classique de l'Institut Pasteur de Tunis, inoculé dans le cerveau des lapins, les tue assez régulièrement en 5 jours et quart ou 5 jours et demi. Il se montre dépourvu de virulence quand il est inoculé dans les muscles et sous la peau; mais il conserve, en partie, son activité quand il est inoculé dans la chambre antérieure de l'œil (2 morts sur 3 inoculés).

Le virus « restauré », inoculé dans le cerveau du lapin, provoque un début de paralysie le 5e jour après l'inoculation, à peu près dans le même temps que le virus normal; mais la maladie est plus longue et la mort ne survient que le 9e jour. Par voie musculaire, le virus « restauré » tue le lapin en 10 jours, par voie oculaire en 30 jours.

En résumé, les deux virus ne diffèrent, dans leur action pathogène sur le lapin, que par les résultats de l'inoculation intra-musculaire.

2° *Cobaye*. — Les deux virus se montrent identiques dans leur action. Ils tuent les cobayes, inoculés dans le cerveau et dans les muscles; ils sont inoffensifs par voie sous-cutanée.

3° *Chien*. — Le virus normal et le virus « restauré » tuent, tous deux, les chiens en 8 jours par inoculation cérébrale. Ils se comportent de façon identique, dans ce cas, au point de vue de l'incubation et des symptômes. Mais, alors que le virus fixe normal se montre pathogène par la voie musculaire (mort en 14 jours, dans deux expériences), par voie oculaire (mort en 9 et 12 jours) et sous-cutanée (mort en 14

(1) Ch. Nicolle et Et. Burnet, *Sur la restauration du virus fixe* (*C. R. Soc. Biol.*, **91**, 1924, p. 366).

et 44 jours), le virus « restauré » se montre complètement inactif dans les mêmes conditions.

4° *Singes.* — Deux singes, inoculés sous la peau avec le virus fixe habituel (un *cynomolgus* et un callitriche), ainsi que deux autres singes, inoculés par la même voie avec le virus « restauré » (un *cynomolgus* et un *patas*), sont restés bien portants.

Les inoculations successives dans le cerveau du chien ont donc eu un résultat contraire à celui qu'on pouvait espérer. Loin d'accroître le pouvoir pathogène, ces inoculations ont eu pour effet de spécialiser en quelque sorte la virulence pour le cerveau du chien et de faire perdre au virus toute aptitude à donner la rage quand il n'est pas déposé dans cet organe.

Le virus fixe de Pasteur nous paraît relever d'une mutation expérimentale. Les caractères qu'il a acquis sont héréditaires et irréversibles. Le retour, par voie cérébrale, pendant plus de 100 passages (huit années), à l'espèce d'où le virus tire son origine, ne lui a restitué aucune des propriétés perdues; elle lui en a fait, au contraire, perdre d'autres.

THERMODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Le diamètre rectiligne de l'oxyde de carbone*. Note (¹) de MM. **E. Mathias**, **W. J. Bijleveld** et **Ph. P. Grigg**.

1. L'étude de la courbe des densités et du diamètre rectiligne de l'oxyde de carbone est intéressante parce que cette substance a une température critique basse ($t_c = -140°,21$ C.) voisine de celle de l'azote, dont la rapproche également l'identité du poids moléculaire ($M = 28$); enfin les déterminations effectuées jusqu'ici ne pouvaient pas être considérées comme définitives pour diverses raisons (²).

Cette étude fait suite aux travaux sur les diamètres rectilignes de l'oxygène, de l'argon, de l'azote, de l'hydrogène, du néon, de l'hélium et de l'éthylène, dont nous avons successivement entretenu l'Académie, et qui ont été exécutés au Laboratoire cryogène de Leyde, comme les recherches actuelles.

2. Les appareils dont nous nous sommes servis étaient à peu près les mêmes que dans nos recherches antérieures, auxquelles nous renvoyons pour les questions de détail.

(¹) Séance du 9 mai 1932.

(²) E. C. G. Baly et F. G. Donnan, *Journ. Chem. Soc.*, 81, 1902, p. 902; E. Cardoso, *Journ. de Chim. Phys.*, 13, 1915, p. 312.

Comme liquide dans le cryostat, nous avons employé : 1° l'éthylène, pour les températures comprises entre le point critique et — 160°C.; 2° le méthane, pour les températures comprises entre — 160°C. et — 183°C.; 3° l'oxygène, pour les températures inférieures à — 183°C.

Les températures ont été mesurées à l'aide de deux thermomètres à résistance de platine, comparés directement au thermomètre à hélium.

L'oxyde de carbone avec lequel nous avons expérimenté a été préparé par l'action de l'acide sulfurique dilué sur le formiate de sodium, dans un appareil entièrement en verre. Les traces d'impuretés que le gaz ainsi préparé contenait encore (vapeurs d'eau et d'acide sulfurique) furent éliminées en refroidissant le gaz à 183° C. (alcool refroidi par l'air liquide). Nous avons admis pour le poids du litre d'oxyde de carbone dans les conditions normales le nombre de Rayleigh = 1^{g},2504.

3. Dans le tableau suivant, nous avons réuni les nombres trouvés pour les densités δ et δ' du liquide et de la vapeur saturée à la même température, les températures absolues T en degrés Kelvin ($T = 273,09 + \theta$, θ = température centigrade) et pour l'ordonnée y du diamètre observée et calculée.

T.	θ.	δ.	δ'.	y (obs.).	y (calc.)	Obs. — calc.
131°,36	—141°,63	0,42200	0,19392	0,30796	0,30370	+0,00426
130,83	—142,26	0,43365	0,18462	0,30913	0,30490	+0,00423
130,53	—142,56	0,44026	0,17767	0,30896	0,30547	+0,00349
129,78	—143,31	0,45640	0,16357	0,30998	0,30690	+0,00308
127,79	—145,30	0,49190	0,13601	0,31395	0,31071	+0,00324
125,58	—147,51	0,52083	0,11607	0,31845	0,31494	+0,00351 (¹)
120,88	—152,21	0,56582	0,08202	0,32392	0,32392	0,00000
109,03	—164,06	0,65262	0,04014	0,34638	0,34658	—0,00020
107,59	—165,50	0,66168	0,03681	0,34924	0,34934	—0,00010
103,48	—169,61	0,68560	0,02824	0,35692	0,35719	—0,00027
100,91	—172,18	0,69953	0,02389	0,36171	0,36211	—0,00040
94,14	—178,95	0,73408	0,01422 (²)	0,37415	0,37505	—0,00090
90,26	—182,83	0,75446	0,01019	0,38232	0,38247	—0,00015
87,13	—185,96	0,76904	0,00774	0,38839	0,38845	—0,00006
82,23	—190,86	0,79086	0,00477	5,39782	0,39782	0,00000
78,01	—195,08	0,80640	0,00296	0,40468	0,40589	—0,00121 (¹)
73,55	—199,54	0,82554	0,00171	0,41362	0,41442	—0,00080
68,12	—204,97	0,84714	0,00080	0,42397	0,42480	—0,00083

(¹) Ces deux points sont d'une précision inférieure à tout le reste.

(²) Les valeurs de la densité de la vapeur saturée, au-dessous de — 172°, 18 C., ont été calculées à l'aide de l'équation d'état.

Les valeurs calculées de l'ordonnée du diamètre sont données par la formule

$$y = 0{,}0329 0 - 0{,}0019120\theta.$$

Le coefficient angulaire du diamètre rectiligne est donc

$$\alpha = -0{,}001912.$$

A la température critique $-140°{,}21$ C. (¹), le diamètre rectiligne donne pour la densité critique

$$\Delta = 0{,}3010.$$

Le coefficient critique est

$$R\frac{\Theta\Delta}{\pi} = 3{,}395,$$

où Θ est la température critique absolue, π la pression critique en atmosphères internationales $= 34^{atm}{,}529$ (¹), R la constante des gaz.

4. Les déviations du diamètre ne sont pas aussi petites que celles de l'hydrogène et du néon; elles atteignent quelquefois 1 pour 100 comme pour l'azote et l'éthylène. Elles ont le caractère systématique, le diamètre étant légèrement concave vers l'axe des températures au voisinage de la température critique et légèrement convexe aux températures les plus basses.

Ces expériences ont été faites à l'aide de la subvention accordée par la Caisse des recherches scientifiques, au Conseil de laquelle nous exprimons notre vive gratitude.

PARASITOLOGIE. — Eimeria pigra *n. sp. nouvelle Coccidie juxta-épithéliale, parasite du Gardon rouge.* Note (²) de MM. **L. Léger** et **T. Bory**.

Parmi les nombreux poissons adressés au Laboratoire de Pisciculture de Grenoble aux fins d'examen sanitaire, nous avons eu l'occasion de rencontrer, en mars dernier, un lot de Gardons rouges (*Scardinius erythrophtalmus* L. abondamment infestés par une Coccidie intestinale, du type *Eimeria* dont les ookystes se rencontraient nombreux dans les excréments. Cette

(¹) C. A. Crommelin, W. J. Bijleveld et E. G. Brown, *Proc. Ac. Sc. Amsterdam*, 34, 1931, p. 1314; *Leiden Comm.*, nº 217*b*.

(²) Séance du 9 mai 1932.

particularité attira notre attention, car on sait que, en règle générale, les Coccidies des poissons mûrissent leur ookystes dans la profondeur des tissus. De plus, l'étude de coupes de l'intestin du poisson nous montra que cette Coccidie évoluait entièrement à la surface des cellules épithéliales, particularité que l'on ne connaît encore que chez de rares espèces, notamment *Eimeria mitraria* (Laveran et Mesnil), *Cryptosporidium muris* et *Cr. parvum* (Tyzżer) et *Eimeria anguillæ* (Léger et Hollande).

Pour ces raisons, jointes à la forme particulièrement allongée des spores et des ookystes, notre Coccidie constitue une espèce nouvelle du genre *Eimeria*, que nous appellerons *Eimeria pigra*, n. sp.

Croissance, schizogonie et gamogonie d'*Eimeria pigra* n'offrent pas, normalement, de stades intracellulaires.

Le sporozoïte, d'abord fixé verticalement sur le plateau céllulaire, se couche ensuite en se creusant un berceau dans les bâtonnets de la bordure en brosse. Puis le parasite grossit, devient hémisphérique et bientôt globuleux, en restant étroitement appliqué sur la surface de la cellule.

Les Schizontes ovoïdes, mesurant 11 à 12 μ de long, effectuent leur schizogonie sans quitter la surface cellulaire. Il en est de même des microgamétocytes qui se distinguent de bonne heure par leur aspect clair et, atteignant jusqu'à 25 μ, donnent naissance à de longs microgamètes arqués filiformes de 10 μ, avec un flagelle caudal.

Les macrogamètes, largement ovoïdes, restent également fixés à la surface de l'épithélium jusqu'à leur maturité sexuelle. C'est à ce moment qu'ils se détachent et qu'a lieu la fécondation. Le macrogamète fécondé prend alors une forme régulièrement ovoïde, devient fortement colorable mais conserve toujours une paroi relativement mince. Il est alors entraîné dans le tube digestif. C'est ainsi que l'on trouve parfois les ookystes en quantité innombrable accumulés dans la région rectale du poisson. Mais ce n'est qu'une fois arrivé dans l'eau que l'ookyste peut achever sa maturité qui demande en moyenne 4 à 5 jours à la température de 18°.

L'ookyste mûr est ovoïde, à paroi mince, transparente et mesure 17 à 20 μ sur 14 μ. Il renferme alors quatre spores longuement ovoïdes, presque fusiformes, à paroi extrêmement frêle et transparente, à peine visible, et mesurant environ 15 μ sur 4,5 à 5 μ. Chaque spore montre deux longs sporozoïtes sans reliquat sporal.

Notons, en terminant, que nous avons observé, mais très rarement, divers stades évolutifs de l'*Eimeria pigra* égarés en plein cytoplasme des cellules épithéliales entre le noyau et le plateau, ce qui semble indiquer, de

la part de cette Coccidie, une tendance à l'adaptation intracellulaire qui caractérise la grande majorité des Coccidies intestinales. Mais nous n'avons jamais vu d'ookystes mûrs ou en maturation dans la profondeur de l'épithélium comme c'est la règle chez les autres Coccidies des poissons.

Diagnose : Eimeria pigra, n. sp., Coccidie à sexualité eimerienne, effectuant toute son évolution fixée à la surface des cellules épithéliales de son hôte et dont les ookystes mûrissent seulement dans le milieu extérieur.

Ookystes ovoïdes à paroi mince, incolore, de 17 à 19 μ sur 14 μ. 4 spores ovoïdes allongées, de 15 μ sur 4,5 à 5 μ, à paroi extrêmement frêle transparente, disposées parallèlement et renfermant chacune deux longs sporozoïtes sans reliquat.

M. J. **Costantin** fait hommage à l'Académie du Mémoire qu'il vient de publier intitulé : *Technique de la lutte contre les maladies de dégénérescence* (*Perfectionnements*, *Importance pour l'agronomie coloniale*) dans la *Revue de l'Agriculture pratique des pays chauds* (1932, avril et mai).

Dans ce travail de synthèse, on trouvera l'enchaînement des idées qui m'ont conduit, par une induction biologique, du séreh et de la mosaïque de la Canne à sucre aux maladies de la dégénérescence de la Pomme de terre. J'ai pu entrevoir que les résultats solidement établis pour la première plante doivent s'appliquer à la seconde . dans les deux cas, les techniques identiques des cultures montagnardes, dont certains points ont été précisés, conduisent au succès. Les faits vérifiés dans les essais expérimentaux organisés par moi, MM. Lebard et Magrou, et aussi par M. Lebard, ont eu une netteté inattendue.

Certains résultats avaient déjà été entrevus, mais pas tous. Notamment, à une date récente (1930), en étudiant, en milieu artificiel, l'effet sur la Pomme de terre des facteurs climatériques, isolés un à un, MM. Arthur, Guthrie et Newell ont montré que le froid et une intensité lumineuse très forte accélèrent la tubérisation ; on reconnaît là les caractéristiques du climat alpin. D'ailleurs, dès 1902, Vöchting avait signalé le froid comme l'agent prépondérant de ce dernier phénomène. Les trois auteurs américains disent nettement que les hautes altitudes (comme les hautes latitudes) produisent des poids de tubercules supérieurs à ceux récoltés en basses altitudes. L'Équateur est un cas extrême de productivité nulle ou faible.

Il est capital d'opérer comme nous dans des conditions naturelles, ce que

n'ont pas fait les savants précédents. La question de la dégénérescence n'est d'ailleurs pas envisagée dans leurs recherches ; ils ne pouvaient prévoir le résultat le plus curieux observé au cours de nos expériences : la persistance de la haute productivité montagnarde quand on transporte en plaine. On est tenté de qualifier ce phénomène d'hérédité ébauchée par ce qu'on sait sur la Canne à sucre.

M. **G. A. Boulenger** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage qu'il vient de publier : *Roses d'Europe*. Volume II.

NOMINATIONS.

M. le **Secrétaire perpétuel pour les Sciences physiques, la Section de Chimie, la Section de Minéralogie** sont désignés pour représenter l'Académie au centième anniversaire de la naissance de *Ch. Friedel*, qui sera célébré, le 9 juin 1932, par la *Société Chimique de France*.

M. **Rodolphe Lemieux**, associé étranger de l'Académie des sciences morales et politiques, est chargé de représenter l'Académie aux cérémonies qui auront lieu, à Ottawa, les 26, 27 et 28 mai 1932, à l'occasion du cinquantième anniversaire de la fondation de la *Société royale du Canada*.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **É. Picard**, **P. Painlevé**, **H. Le Chatelier**, **L. Lecornu**, **Ed. Branly**, **P. Viala**, **P. Janet**, **L. Joubin**, **J. Perrin**, **Ch. Fabry**, **Ch. Maurain**, **L. Lapicque** sont réélus membres du Conseil national de l'*Office national des Recherches scientifiques et des Inventions;* MM. **A. d'Arsonval**, **L. Lumière** sont élus en remplacement de MM. *G. Bigourdan* et *G. Ferrié*, décédés.

M. **Henry Perrier de la Bathie** est élu Correspondant pour la Section de Botanique par 31 suffrages contre 5 à M. *Henri Devaux*.

CORRESPONDANCE.

M[me] **Paul Doumer** fait adresser aux Secrétaires perpétuels des remercîments pour le télégramme de respectueuse sympathie qui lui a été adressé au nom de l'Académie.

M. **Henri Buisson**, élu Correspondant pour la Section de Physique générale, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Recteur de l'Université de Poitiers** fait savoir à l'Académie que, étant donné le deuil qui vient de frapper la France, la commémoration du *Cinquième Centenaire de l'Université* est reportée à une date indéterminée.

M. **Jean Tilho** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Géographie et Navigation par le décès de M. *G. Ferrié*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° A. Boutaric. *La troisième République de 1870 à nos jours. Les grandes inventions françaises.*

2° Office central de Faunistique. *Faune de France*. 23. *Diptères Chironomidæ*, IV (*Orthocladiinae*, *Corynoneurinae*, *Clunioninae*, *Diamesinae*), par M. Goetghebuer. (Présenté par M. L. Bouvier.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la répartition des points où une fonction presque périodique prend une valeur donnée*. Note de M. **J. Favard**, présentée par M. Hadamard.

Soient $f(s)$ une fonction presque périodique de la variable complexe $s = \sigma + it$, dans une bande $\alpha < \sigma < \beta$; $\sigma = \sigma_0$ une droite intérieure à cette bande; $E(\sigma_0)$ l'ensemble des valeurs $f(\sigma_0 + it)(-\infty < t < +\infty)$ et $\overline{E}(\sigma_0)$ l'ensemble fermé comprenant le précédent et son dérivé.

On sait que, dans toute bande contenant la droite $\sigma = \sigma_0$, et intérieure à (α, β), la fonction $f(s)$ prend une infinité de fois toute valeur choisie de l'ensemble $\overline{E}(\sigma_0)$, valeur que nous désignerons par a (¹).

Soit alors $\alpha_1 < \sigma < \beta_1$ une bande telle que $\alpha < \alpha_1 < \sigma_0 < \beta_1 < \beta$; t_0 et u désignant deux nombres réels, le deuxième positif, nous appellerons $R_{t_0}^{t_0+u}$ le rectangle

$$R_{t_0}^{t_0+u} \quad (\alpha_1 < \sigma < \beta_1, \quad t_0 < t < t_0 + u).$$

Cela posé, on a les résultats suivants :

1° Il existe une longueur $l(f, a, \alpha_1, \beta_1)$ telle que tout rectangle $R_{t_0}^{t_0+l}$ contienne au moins une racine de l'équation $f(s) = a$, quel que soit le nombre t_0.

2° Il existe une constante $k(f, a, \alpha_1, \beta_1)$ telle que tout rectangle $R_{t_0}^{t_0+1}$ contienne au plus k racines de l'équation précédente.

Désignant par $N_a\binom{T}{0}$ le nombre des racines de $f(s) = a$ dans le rectangle R_0^T, il résulte immédiatement des résultats précédents que :

$$(1) \qquad 0 < \varliminf_{T \to \infty} \frac{N_a\binom{T}{0}}{T}, \qquad \varlimsup_{T \to \infty} \frac{N_a\binom{T}{0}}{T} < \infty.$$

Si l'on peut montrer que la fonction $\varlimsup_{T \to \infty} N_a\binom{T}{0}/T$, qui dépend de α_1 et de β_1, est une fonction continue de ces deux quantités, alors l'expression $N_a\binom{T}{0}/T$ a une limite lorsque T augmente indéfiniment :

$$(2) \qquad N_{\alpha_1}^{\beta_1}\{f(s) - a\} = \lim_{T \to \infty} \frac{N_a\binom{T}{0}}{T},$$

et cette limite est une fonction continue de α_1 et de β_1.

Dans ces conditions en désignant par $N_a\binom{c+T}{c}$ le nombre des zéros de $f(s) - a = 0$ dans le rectangle R_c^{c+T}, la limite de $N_a\binom{c+T}{c}/T$ existe lorsque T augmente indéfiniment et est indépendante de c, la convergence de cette expression vers sa limite est uniforme en c; ainsi, on a, par exemple,

$$N_{\alpha_1}^{\beta_1}\{f(s) - a\} = \lim_{T \to \infty} \frac{N_a\binom{+T}{-T}}{2T}.$$

Lorsque la fonction $\varlimsup_{T \to \infty} N_a\binom{T}{0}/T$ n'est pas continue en α_1 et β_1, ε désignant

(¹) H. Bohr, *Zur Theorie der fast-periodischen Funktionen III* (*Acta math.*, 47, 1925, p. 256).

un nombre positif aussi petit que l'on veut, on peut trouver une bande (α'_1, β'_1) telle que

$$|\alpha_1 - \alpha'_1| < \varepsilon, \qquad |\beta_1 - \beta'_1| < \varepsilon$$

et où existe $N_{\alpha'_1}^{\beta'_1}\{f(s) - a\}$.

Tous ces résultats s'obtiennent facilement par la considération des familles normales.

M. H. Bohr, en collaboration avec M. Courant, Landau [1] et B. Jessen [2], a étudié dans divers travaux la répartition des points où la fonction $f(s) = \log\zeta(s)$ prend une valeur donnée [$\zeta(s)$ désignant la fonction de Riemann).

Dans une bande (α_1, β_1) du demi-plan $\sigma > 1$, notre méthode nous permet d'obtenir les inégalités (1) sans le secours de la théorie des approximations diophantiques. Il est aussi possible de simplifier la démonstration du fait que la fonction $\zeta(s)$ prend toute valeur, sauf peut-être la valeur zéro, dans toute bande intérieure à $1/2 < \sigma < 1$, car, quoique la fonction $\zeta(s)$ ne soit pas presque périodique dans cette bande, elle y possède cependant des propriétés qui la rapprochent des fonctions presque périodiques. Le résultat exprimé par l'égalité (2) est valable pour la fonction $\log\zeta(s)$ dans toute bande du demi-plan $\sigma > 1$ et dans toute bande intérieure à $1/2 < \sigma < 1$, mais, pour l'obtenir, il est sans doute nécessaire d'utiliser les méthodes de MM. H. Bohr et B. Jessen [2].

THÉORIE DES GROUPES. — *Normalisants des substitutions d'ordre 2 des groupes linéaire, quadratique, hermitien et gauche dans un champ de Galois d'ordre impair.* Note [3] de M. **de Séguier**.

1. Les notations utilisées sont celles de notre Note du 25 avril dernier. En particulier, si S est un système de substitutions, (S) désignera le système déduit de S en y regardant les variables comme homogènes. De plus, M et M^0 désigneront respectivement les normalisants d'une substi-

---

(1) Les indications bibliographiques se trouvent dans la Note de M. H. Bohr, *Sur la fonction $\zeta(s)$ de Riemann* (*Comptes rendus*, 158, 1914. p. 1986), ou dans son Mémoire : *Zur theorie der Riemannschen Zetafunktion im kritischen Steifen* (*Acta math.*, 40, 1915, p. 67-100).

(2) H. Bohr et B. Jessen, *Ueber die Werteverteilung der Riemannschen Zetafunktion* (*Acta math.*, I, 54, 1930, p. 1-35; II; 58, 1932, p. 1-55).

(3) Séance du 2 mai 1932.

tution s de L dans L et dans U; $\mathfrak{M}$ et $\mathfrak{M}^0$ ceux de (s) dans $\mathcal{L}$ et $\mathfrak{U}$. N désignera le normalisant d'une substitution s de A' dans A; $\mathfrak{N}$ celui de (s) dans $\mathfrak{A}$.

2. *Groupe linéaire.* — Nous désignerons par $L_{z_1 \ldots z_q}(\pi)$ le groupe linéaire de variables $z_1, \ldots, z_q$ dans $\mathcal{C}$. Les indices seront supprimés quand les variables sont $x_1, \ldots, x_n$. Il en sera de même pour U. Si x'_i et $y'_i = \dot{x}'_i$ $(i = 1, \ldots, \nu)$ sont des variables parcourant $\mathcal{C}'$, A et B seront les groupes obtenus en multipliant respectivement chaque substitution de $L_{x'_1 \ldots x'_\nu}(\pi^2)$ ou $U_{x'_1 \ldots x'_\nu}(\pi^2)$ par la substitution conjuguée de $L_{y'_1 \ldots y'_\nu}(\pi^2)$ ou $U_{y'_1 \ldots y'_\nu}(\pi^2)$. Nous considérerons les substitutions $\gamma' = | \iota' x'_1, \iota'^{\pi} y'_1 |$ et $t'_i = t_i \varphi_i t_i$. Les normalisants des s_2 sont alors les suivants :

Groupe L : Si $s = \mu_r$, on a $M = L_{x_1 \ldots x_r}(\pi) L_{x_{r+1} \ldots x_n}(\pi)$, $M^0 = \{ U_{x_1 \ldots x_r}(\pi) U_{x_{r+1} \ldots x_n}(\pi) \gamma_1 \gamma_{r+1}^{-1} \}$. *Groupe* $\mathcal{L}$: Si $(s) = (\mu_r)$, pour n impair ou $n = 2\nu$ mais $r \neq \nu$, on a $\mathfrak{M} = (M)$, $\mathfrak{M}^0 = (M^0)$; pour $n = 2\nu$ et $r = \nu$, on a $\mathfrak{M} = (M + \sigma M)$, $\mathfrak{M}^0 = (M^0 + \sigma M^0)$, $\sigma = t_1 t_2 \ldots t_\nu$ si ν est pair, $\sigma = t_1 t_2 \ldots t_\nu \varphi_1$ si ν est impair. Si $(s) = (\lambda_1)$, en prenant les variables $x'_i = x_i + \iota_0 y_i$, $y'_i = x_i - \iota_0 y_i$ $(\iota_0^2 = \iota)$, on a $\mathfrak{M} = (A + \sigma A)$, $\mathfrak{M}^0 = (\{ B, \gamma^{\pi-1} \} + \sigma \{ B, \gamma^{\pi-1} \})$, $\sigma = t'_1 t'_2 \ldots t'_\nu$ si ν est pair, $\sigma = \gamma'^{(\pi-1)/2} t'_1 t'_2 \ldots t'_\nu$ si ν est impair.

3. *Groupe hermitien.* — *Groupe* E : Si $s = l_r$, $N = E^1 E^2$, E^1 et E^2 étant les groupes respectifs de $e_1 = \Sigma_1^r z_i \bar{z}_i$ et de $e_2 = e - e_1$. Si $s = \psi$, N est isomorphe à $L(\nu, \pi^2)$. *Groupe* $\mathcal{E}$ (ou $\mathcal{H}$) : Si $(s) = (l_r)$, pour n impair ou pour $n = 2\nu$ et $r \neq \nu$, on a $\mathfrak{N} = (N)$; pour $n = 2\nu$ et $r = \nu$, on a $\mathfrak{N} = (N + n\sigma)$, σ échangeant z_i et $z_{\nu+i}$. Si $(s) = (\psi) = (\varphi)$ $(a = h)$ on a $\mathfrak{N} = (N + N\tau)$.

4. *Groupe gauche.* — *Groupe* G. Si $s = d_1 d_2 \ldots d_r$, on a $N = G^1 G^2$, G^1 et G^2 étant les groupes respectifs de $g_1 = \Sigma_1^r (x_i y'_i - y_i x'_i)$ et de $g_2 = g - g_1$. Si $s = \varphi$, N est isomorphe à $L(\nu, \pi)$. *Groupe* $\mathcal{G}$: Si $(s) = (d_1 d_2 \ldots d_r)$, pour ν impair ou $\nu = 2m$ et $r \neq m$, on a $\mathfrak{N} = (N)$; pour $\nu = 2m$ et $r = m$, on a $\mathfrak{N} = (N + N\Theta)$, $\Theta = \Pi_1^m T_{i,i+m}$. Si $(s) = (\varphi)$, on a $\mathfrak{N} = (N + N\tau)$. Si $(s) = (\tau)$ ou $(\tau\gamma)$, $\mathfrak{N} = N$. Si $(s) = (d' T \tau \gamma)$, $\mathfrak{N} = (N + N\tau)$, N étant isomorphe à $G(\nu, \pi^2)$.

5. *Groupe quadratique* $(\psi = x^2 + c' y^2)$. — *Groupe* Q : Pour $s = s_r$ ou $s_r m_{11}$, ou $s_r t_0$, si Q^1 désigne le groupe de la partie q_1 de q dont s multiplié par -1 les variables convenablement choisies et Q^2 le groupe de $q_2 = q - q_1$, on a $N = Q^1 Q^2$. Pour $s = \varphi$, on a $N = \{ \underset{1}{V}_{1 \ldots \nu 1}(\pi), m_{11} \}$ (*J. M.*, 1916, p. 353). *Groupe* $\mathfrak{Q}$: Pour $(s) = (s_h)$, si $n = 4h$ et $c' = -1$, on a $\mathfrak{N} = (N + \sigma N)$,

$\sigma = T_{1\nu}, \Pi_2^h T_{i,i+h}$. Pour $s = (s_{h-1} t_0)$ si $n = 4h - 2$, si $c' = 1$, on a $\mathfrak{N} = (N + \sigma N)$, $\sigma = m_{\nu'\varepsilon} \Pi_1^{h-1} T_{i,h+i-1}$; si $c' = \iota$, $\mathfrak{N} = (N)$. Pour $(s) = (\varphi)$, $\mathfrak{N} = (N + \sigma N)$, $\sigma = t_1 t_2 \ldots t_{\nu'}$. Pour $(s) = (\Theta_{\nu'})$ ou $(\Theta_{\nu'}\gamma)$ (ν' pair) on a $\mathfrak{N} = (N + \sigma N)$, $\sigma = d_2 d_4 \ldots d_{\nu'}$ et $N \equiv H(\nu', \pi)$. Pour $(s) = (\Theta_\nu m_{\nu'\varepsilon})$ ou $(\Theta_\nu m_{\nu'\eta} \Pi_1^\nu \gamma_i)$, résultat analogue en prenant pour σ une conjuguée réelle, dans $Q(n, \pi^2)$, de $\Pi_1^{\nu/2} \xi_i$, $\xi_i = d_{2i-1} T_{2i-1,2i} t_{2i-1} t_{2i} m_{2i-1,-2\rho}$, $\rho = \eta$ ou ε suivant que $\pi \equiv 1$ ou 3 mod 4.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur certaines fonctions entières d'ordre fini.* Note de Mlle **Mary L. Cartwright**, présentée par M. Hadamard.

$f(z)$ étant une fonction entière d'ordre fini ρ, nous désignerons par $\rho(r)$ un ordre précisé de Lindelöf et nous poserons

$$h(\theta) = \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\log|f(re^{i\theta})|}{r^{\rho(r)}}.$$

MM. Lindelöf et Phragmén [1] ont établi notamment ce théorème :

Théorème A. — *Si* $h(\alpha) = A\cos\alpha\rho + B\sin\alpha\rho$, $h(\beta) = A\cos\beta\rho + B\sin\beta\rho$, *avec* $0 < \beta - \alpha < \pi/\rho$, *on a, pour* $\alpha \leqq \theta \leqq \beta$,

$$h(\theta) \leqq A\cos\theta\rho + B\sin\theta\rho.$$

Dans un Mémoire précédent [2], j'ai démontré que cette inégalité peut être améliorée lorsque $f(z)$ a suffisamment de zéros dans l'angle considéré. Je me placerai ici à un point de vue inverse : *si l'on a*

$$h(\theta) = A\cos\theta\rho + B\sin\theta\rho, \tag{1}$$

que peut-on dire des zéros de $f(z)$?

Théorème I. — *Si* (1) est *vérifiée pour* $\alpha \leqq \theta \leqq \beta$, *on a, pour tout* $\delta > 0$,

$$\underline{\lim_{r=\infty}} \frac{n(r, \alpha + \delta, \beta - \delta)}{r^{\rho(r)}} = 0, \tag{2}$$

$n(r, \alpha + \delta, \beta - \delta)$ *désignant le nombre des zéros de* $f(z)$ *pour* $|z| \leqq r$, $\alpha + \delta \leqq \arg z \leqq \beta - \delta$. *En outre, à tout système de nombres positifs* $\varepsilon, \delta, \eta$, *on peut faire correspondre une suite* $R_1, \ldots, R_m, \ldots, R_m \to \infty$, *telle que l'inégalité*

$$\log|f(re^{i\theta})| > (A\cos\theta\rho + B\sin\theta\rho - \varepsilon)\, r^{\rho(r)} \tag{3}$$

---

(1) *Acta math.*, 31, 1998, p. 386.

(2) *Proc. London Math. Soc.*, 2e série, 32, 1931, p. 51-71.

soit vérifiée pour $\alpha+\delta \leqq \theta \leqq \beta-\delta$, $0<r<R_m$, *sauf peut-être pour un ensemble de valeurs r de mesure inférieure à* $\eta_1 R_m$.

J'exprimerai la conclusion en disant que (3) est vérifiée sur *un ensemble de densité supérieure* 1. Il résulte des hypothèses que

$$\log|f(re^{i\theta})| < (A\cos\theta\rho + B\sin\theta\rho + \varepsilon)\,r^{\rho(r)},$$

pour tout $r>r_0(\varepsilon)$ et aussi que, pour chaque θ compris entre α et β, il existe une suite de valeurs r pour lesquelles (3) a lieu. Si $\rho(r)=\rho$, nous appliquons le théorème de Jensen à $f(z)e^{-A-iBz\rho}$ dans un cercle dont le centre est un point en lequel (3) a lieu, avec $\theta=1/2(\alpha+\beta)$. En supposant $\beta-\alpha=\pi/2$ et en choisissant convenablement le rayon, (2) s'ensuit presque immédiatement. Pour la seconde partie, on emploie une méthode analogue à celle de M. Valiron dans son théorème sur le minimum du module (¹). Si $\beta-\alpha\neq\pi/2$, on prend un point quelconque où (3) est vérifiée, et l'on opère de façon analogue. Si $\rho(r)\neq\rho$, on remplace l'exponentielle précédente par une fonction similaire (²) d'ordre précisé $\rho(r)$.

Théorème II. — *Si* (1) *est vérifiée pour* $\alpha\leqq\theta\leqq\beta$ *avec* $\beta-\alpha\geqq\pi/\rho$, *on a, pour chaque* $\delta>0$,

$$\lim_{r=\infty} n(r,\,\alpha+\delta,\,\beta+\delta)/r^{\rho(r)}=0.$$

En outre, si $\beta-\alpha>\pi/\rho$, *à* ε, η_1, δ *positifs donnés arbitrairement correspond un nombre* R_0 *tel que* (3) *soit vérifiée pour* $\alpha+\delta\leqq\theta\leqq\beta-\delta$, $0<r<R$ *dès que* $R>R_0$, *et sauf au plus sur un ensemble de valeurs r de mesure moindre que* $\eta_1 R$.

Nous exprimerons la conclusion en disant que (3) est vérifiée *sur un ensemble de valeurs r de densité* 1. Du théorème II, qui se démontre par l'emploi du principe du module maximum (³) et des méthodes signalées ci-dessus, on déduit par les méthodes usuelles (⁴) les deux suivants :

Théorème III. — *Si* $\rho>1/2$ *et si pour* $|\theta|\leqq\pi$, $h(\theta)=(-1)^p\cos\theta\rho$, *p étant la partie entière de* ρ, *on a, si* $r\to\infty$,

$$\lim n(r,\,-\pi+\delta,\,\pi-\delta)/r^{\rho(r)}=0,$$

(¹) G. Valiron, *Lectures on the General Theory of Integral Functions*; voir aussi M. L. Cartwright, *Proc. London Math. Soc.*, 2ᵉ série, 33, 1931, p. 219.

(²) Voir G. Valiron, *Annales Fac. Sc. Toulouse*, 3ᵉ série, 5, 1913, p. 233.

(³) Voir à ce sujet H. Milloux, *Acta math.*, 52, 1929, p. 243.

(⁴) Voir, en particulier, M. L. Cartwright, *Quarterly J. of Math.* (Oxford s.), 1, 1930, p. 44-52.

pour chaque $\delta > 0$ *et*

$$n(r) \sim (|\sin \pi\rho|/\pi)\, r^{\rho(r)}.$$

En outre, si ρ *est entier,* $f(0) \neq 0$, *et si* z^n *est le* $n^{\text{ième}}$ *zéro de* $f(z)$:

$$\left[\frac{d^\rho}{dz^\rho}\log f(z)\right]_{z=0} + \frac{1}{\rho}\sum_{|z_n|\leq r}\frac{1}{|z_n|^\rho} \sim r^{\rho(r)-\rho}.$$

Ces fonctions sont très analogues aux fonctions orientées de M. Valiron (¹).

Théorème IV. — *Si* $\rho > 1$, $h(\theta) = \cos\theta\rho$ *si* $|\theta| \leq 1/2\pi/\rho$ *et* $h(\theta) = 0$ *ailleurs, on a, lorsque* $r \to \infty$,

$$\lim n\left(r, -\frac{1}{2}\pi/\rho + \delta, \frac{1}{2}\pi/\rho - \delta\right) : r^{\rho(r)} = \lim n\left(r, \frac{1}{2}\pi/\rho + \delta, 2\pi - \frac{1}{2}\pi/\rho - \delta\right) : r^{\rho(r)} = 0$$

et aussi lorsque $r \to \infty$ *sur un ensemble de densité supérieure* 1,

$$(4) \quad n\left(r, -\frac{1}{2}\pi/\rho - \delta, -\frac{1}{2}\pi/\rho + \delta\right) \sim n\left(r, \frac{1}{2}\pi/\rho - \delta, \frac{1}{2}\pi/\rho + \delta\right) \sim r^{\rho(r)}/2\pi.$$

Les fonctions de cette espèce comprennent celles dont les directions de Borel sont situées dans un angle $|\arg z| \leq \pi/2\rho$, le résultat obtenu étant, à un certain point de vue, plus précis que ceux antérieurement connus. Si $f(z)$ vérifie les conditions de IV, $f_1(z) = f(z) + \pi(z)$ les vérifie aussi si $\pi(z)$ est du type minimum par rapport à $r^{\rho(r)}$, ce qui fournit une propriété des zéros de toutes les fonctions $f_1(z)$ (²).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Variation de la résistance aux faibles vitesses sous l'influence de la compressibilité.* Note (³) de **Basile Demtchenko**, présentée par M. Henri Villat.

Dans une Note antérieure (⁴) nous avons démontré que le problème du mouvement permanent lent d'un fluide compressible se réduit au problème relatif à un fluide incompressible. Il existe une correspondance simple entre le plan du fluide compressible (plan z) et le plan de base z_0 du fluide incompressible :

(¹) Valiron, *Annales Fac. Toulouse*, *loc. cit.*, p. 230-243.
(²) Voir le Mémoire cité de M. Milloux, p. 241-255.
(³) Séance du 9 mai 1932.
(⁴) B. Demtchenko, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1218.

a. Les vitesses q et q_0 aux points conjugués des plans z et z_0 sont liées par la formule

$$(1)\qquad \frac{1}{q}=\frac{\rho_1+\rho_0}{2\rho_1}\frac{1}{q_0}+\frac{\rho_1-\rho_0}{2q_1^2\rho_1}q_0,$$

où q_1 est la vitesse aux points conjugués donnés $z=z_1$ et $z_0=z_{01}$, commune aux deux plans.

b. Les angles θ et θ_0 que forment les vitesses aux points conjugués avec une direction fixe (axe OX) sont les mêmes : $\theta=\theta_0$.

c. Les potentiels complexes $w=\varphi+i\psi$ et $w_0=\varphi_0+i\psi_0$ prennent les mêmes valeurs dans les deux plans : $w=w_0$.

d. Les pressions p et p_0 aux points conjugués sont liés par la relation

$$(2)\qquad \frac{p-p_1}{q}=\frac{p_0-p_{01}}{q_0},$$

où p_1 et p_0 sont les pressions aux points z_1 et z_{01}.

e. La densité ρ du fluide compressible est donnée en fonction de la densité ρ_0 du fluide incompressible par la formule

$$(3)\qquad \frac{1}{q}\frac{\rho_0}{\rho}=\frac{\rho_1+\rho_0}{2\rho_1}\frac{1}{q_0}-\frac{\rho_1-\rho_0}{2q_1^2\rho_1}q_0.$$

f. Les résistances $R=R_x+iR_y$ et $R_0=R_{0x}+R_{0y}$ éprouvées par deux arcs conjugués AB et A_0B_0 des frontières des domaines z et z_0 sont les mêmes, $R=R_0$, si la densité du fluide incompressible est égale à la densité ρ_0 du fluide compressible correspondant à la vitesse nulle.

g. Il y a une relation simple entre les résistances unitaires des arcs conjugués AB et A_0B_0. Désignons par $l=z_A-z_B$ et $l_0=z_{0A}-z_{0B}$ les segments complexes AB et A_0B_0 et par $k=R/l$ et $k_0=R_0/l_0$ les résistances unitaires correspondantes. D'après les formules (10′), (12) et (16) de la Note mentionnée ci-dessus on a

$$(4)\qquad k=\frac{\rho_0}{2i}\,\frac{q_1^2a-b}{\dfrac{\rho_1+\rho_0}{2\rho_1}a+\dfrac{\rho_1-\rho_0}{2q_1^2\rho_1}b},$$

$$(5)\qquad k_0=\frac{\rho_0}{2i}\,\frac{q_1^2a-b}{a},$$

où

$$(6)\qquad a=\int_{AB}e^{i\Omega(t)}\Phi'(t)\,dt,\qquad b=\int_{AB}e^{i\overline{\Omega}(\bar t)}\overline{\Phi}'(\bar t)\,d\bar t.$$

En éliminant a/b entre les formules (4) et (5), on obtient la relation

cherchée

$$k = k_0 \frac{1}{1 - \frac{ik_0}{q_1^2} \frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho_1 \rho_0}}. \tag{7}$$

Appliquons les formules précédentes à quelques problèmes particuliers de mouvement avec formation de surfaces de glissement.

I. Cas d'une lame rectiligne inclinée d'un angle δ sur la vitesse d'un courant indéfini formant derrière l'obstacle un sillage illimité. Pour le liquide incompressible, on a la formule classique ([1])

$$k_0 = \frac{R}{l_0} = \frac{q_\infty^2 \rho_0}{i} \frac{\pi \cos\delta}{4 + \pi\cos\delta}. \tag{8}$$

D'après la formule (7) on obtient pour le liquide compressible

$$k = \frac{R}{l} = \frac{q_\infty^2 \rho_0}{i} \frac{\pi \cos\delta}{4 + \frac{\rho_0}{\rho_\infty}\pi\cos\delta} \quad ([2]). \tag{9}$$

Si l'écoulement est adiabatique, on a en supposant $\delta = \pi/2$ et $q_\infty/c = 0{,}5$

$$\frac{R_x}{|l|\rho_\infty q_\infty^2} = 0{,}4717. \tag{10}$$

Dans le cas d'un liquide incompressible ce coefficient est égal à 0,4398. On obtient donc une augmentation de la résistance de 7,23 pour 100.

II. Cas d'une lame placée au milieu d'un courant de largeur finie sous un angle droit. Si le liquide est incompressible on a ([3])

$$k_0 = \frac{q_\infty^2 \rho_0}{i} \frac{\pi}{\pi + 2\cot\frac{\alpha}{2}\log\operatorname{tang}\left(\frac{\alpha}{2} + \frac{\pi}{4}\right)}, \tag{11}$$

où 2α est l'angle entre les vitesses à l'infini des deux jets qui se forment derrière l'obstacle. Si le fluide est compressible, on obtient

$$k = \frac{q_\infty^2 \rho_0}{i} \frac{\pi}{\frac{\rho_0}{\rho_\infty}\pi + 2\cot\frac{\alpha}{2}\log\operatorname{tang}\left(\frac{\alpha}{2} + \frac{\pi}{4}\right)}. \tag{12}$$

([1]) H. Villat, *Aperçus théoriques sur la résistance des fluides*, Paris, Gauthier-Villars, 1920.

([2]) Cette formule a été donnée par A. Tchapliguine [*Sur les jets gazeux* (*Annales scientifiques de l'Université de Moscou*, fasc. 21, 1914, p. 1, Moscou; en russe)].

([3]) H. Villat, *ibid.*

Il faut remarquer que l'angle entre les deux jets en aval reste le même, mais les largeurs des jets sont augmentées en rapport de ρ_0/ρ_∞ et celle de la lame en rapport de k/k_0.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'affaiblissement des ondes moyennes et intermédiaires se propageant de jour sur mer.* Note de MM. **J. Bion** et **P. David**.

En étudiant théoriquement la propagation d'une onde de longueur λ sur un sol de conductivité σ, Sommerfeld a montré que l'affaiblissement à une distance d était fonction seulement du facteur $d/\sigma\lambda^2$ appelé par lui distance numérique.

Cette théorie a reçu diverses confirmations récentes, notamment d'Eckersley et de Van Der Pol.

Toutefois, les vérifications expérimentales ont principalement porté sur la variation de λ et de d. La conductivité σ gardait sa valeur moyenne normale (10^{-13} unité C.G.S. E.M.) dans le sol des plaines et plateaux européens. Des valeurs plus faibles, de l'ordre de 10^{-15}, ont été citées pour les régions montagneuses; mais ces valeurs ayant été déduites de cette formule ne peuvent évidemment pas servir à la vérifier.

Nous nous sommes proposé d'effectuer une vérification dans un autre sens : en observant que la conductivité de la mer est bien connue, et sensiblement 10^{-11}, on voit que d'après la formule de Sommerfeld les ondes de longueur 200 à 700^{m} ne doivent pas s'y affaiblir plus vite que ne font, sur terre, les ondes de 2000 à 7000^{m}.

C'est ce que nous avons cherché à contrôler, par une série de mesures effectuées en Méditerranée dans le courant des mois de janvier et février 1932. Des émissions étaient faites sur les ondes 700, 215 et 150^{m}, par un bâtiment qui s'éloignait progressivement jusqu'à 1050^{km}. Le champ était mesuré à intervalles réguliers, au moyen des appareils du Laboratoire national de Radio-Électricité, installés pour la circonstance à proximité de Toulon, et tout au bord de la côte.

Comparaison des affaiblissements calculés et observés.
(Coefficients de transmission.)

Longueur d'onde...	700^{m}.		215^{m}.		150^{m}.	
Distance.	Calculé.	Observé.	Calculé.	Observé.	Calculé.	Observé.
km						
200	0,99	0,8	0,92	0,6	0,87	0,47
500	0,90	0,5	0,81	0,2	0,60	0,15
1000	0,80	0,12	0,68	0,03	0,38	<0,03

L'affaiblissement observé de jour s'est montré très régulier, et nettement supérieur à celui que faisait prévoir la formule, ainsi que le montre le tableau ci-dessus.

L'écart observé étant très supérieur aux erreurs possibles de mesure, il faut en déduire que la formule de Sommerfeld et ses dérivées ne sont pas applicables à la propagation des ondes *moyennes* et *intermédiaires* sur mer.

On peut noter, par contre, que la formule d'Austin, établie d'une manière semi-empirique pour des ondes beaucoup plus longues, donnerait dans le cas présent des chiffres très voisins de la réalité.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le rôle joué par la nature des électrodes dans la conductibilité des liquides semi-conducteurs*. Note de M. **J. Sambussy**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai montré dans une Note antérieure [1] l'importance des traces d'eau dans la conductibilité des liquides semi-conducteurs; je me suis proposé d'étudier l'influence de la nature des électrodes sur cette conductibilité. Le liquide étudié a été le nitrobenzène desséché avec du chlorure de calcium, puis distillé dans un appareil à joints rodés; la colonne de nitrobenzène de 5^{cm} de longueur était soumise à des différences de potentiel pouvant aller jusqu'à 3000 volts et fournies par une batterie d'accumulateurs.

1° Avec des électrodes de platine ou de palladium on constate que le courant diminue et tend avec le temps vers une limite i_∞. Ce courant limite i_∞ suit la loi d'Ohm et la répartition des potentiels à l'intérieur du liquide reste linéaire. Lorsqu'on supprime la différence de potentiel et qu'on réunit les électrodes à un galvanomètre, un courant passe en sens inverse du courant limite; la force contre-électromotrice donnant naissance à ce courant, mesurée par la méthode d'opposition, est 1,4 volt.

2° Avec des électrodes de plomb, on observe au début du passage du courant une répartition linéaire des potentiels; puis lorsque le courant limite est atteint, la répartition des potentiels cesse d'être linéaire et la chute de potentiel à l'anode est plus élevée que la chute de potentiel à la cathode. La force contre-électromotrice est 2,5 volts.

3° Avec les électrodes de tantale nous retrouvons, considérablement

(1) J. Sambussy, *Comptes rendus*. **193**, 1931, p. 855.

amplifiées, les particularités signalées pour le plomb; lorsque le courant limite est atteint la répartition des potentiels cesse d'être linéaire et l'on observe de fortes chutes à l'anode. Ainsi pour une colonne de nitrobenzène de 5^{cm} de longueur soumise à une différence de potentiel de 480 volts, voici les chutes de potentiel relevées de centimètre en centimètre :

$$\overset{+}{0} \quad 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad \overset{-}{5}$$
$$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$$
$$250 \quad 58 \quad 58 \quad 58 \quad 58$$

Signalons que l'anode de tantale s'est recouverte durant le passage du courant d'une couche d'oxyde.

Lorsque le courant limite est atteint et pour des différences de potentiel aux électrodes v supérieures à 140 volts, la force contre-électromotrice est de 140 volts; elle est localisée au voisinage de l'anode.

Pour des différences de potentiel v inférieures à 140 volts, la force contre-électromotrice est égale à v et est localisée au voisinage de l'anode; d'ailleurs pour ces valeurs de v, lors du passage du courant, la chute de potentiel anodique est égal à v.

Lorsqu'on effectue l'électrolyse de l'eau pure sous des tensions élevées avec une anode de tantale, on trouve une forte chute de potentiel anodique et une force contre-électromotrice pouvant atteindre 140 volts et localisée au voisinage de l'anode.

Ainsi la polarisation des électrodes serait une polarisation d'origine électrolytique due aux traces d'eau contenues dans le liquide puisque nous retrouvons dans le nitrobenzène avec des électrodes de platine, de palladium, de plomb, et de tantale la même force contre-électromotrice que l'on trouve dans l'eau avec les mêmes métaux. En outre dans le cas des électrodes de plomb et de tantale il y a à l'anode formation d'oxydes et en même temps création de chute anodique notable. Ces chutes paraissent donc liées comme la force contre-électromotrice elle-même à la formation d'oxyde.

MAGNÉTISME. — *Paramagnétisme variable du perchlorure de fer cristallisé et paramagnétisme constant de la molécule* Fe^2Cl^6 *à l'état gazeux. Constitution de la molécule* Fe^2Cl^6. Note (1) de M. **André Lallemand**, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai étudié l'aimantation du perchlorure de fer anhydre en fonction de la température. Cette étude a été faite par la méthode d'attraction dans un champ magnétique non uniforme. Le perchlorure de fer, parfaitement pur et sec, se trouvait dans une petite ampoule en quartz. Le remplissage de cette ampoule a été effectué dans une atmosphère d'azote, l'ampoule a été ensuite scellée.

Résultats expérimentaux. — 1° Le perchlorure de fer à l'état cristallisé suit très exactement la loi de Curie-Weiss avec un champ moléculaire nul à la précision des mesures; ce qui montre que l'atome de fer, dans ces conditions, est porteur d'un moment magnétique. Ce moment a été trouvé égal à 27,99 magnétons de Weiss; nombre calculé à partir de la constante de Curie en prenant la valeur 1125,6 pour la mesure du magnéton.

2° Au-dessus de 125° la susceptibilité magnétique éprouve une discontinuité correspondant à la formation de la vapeur. χ_m étant la susceptibilité rapportée à la molécule $FeCl^3$ j'ai trouvé :

$$\chi_m = 9{,}98 \cdot 10^{-3} \quad (\text{à } 125^\circ),$$
$$\chi_m = 4{,}59 \cdot 10^{-3} \quad (\text{à } 327^\circ).$$

A cette dernière température, toute la substance est à l'état gazeux.

3° De 327° à 430°, j'ai observé une susceptibilité indépendante de la température :

$$\chi_m = 4{,}59 \cdot 10^{-4}.$$

4° Au-dessus de 430°, on observe de nouveau une susceptibilité décroissante avec la température.

Discussion. — La densité de vapeur apprend que de 317° à 440° la molécule est Fe^2Cl^6. Au-dessus de 440° Fe^2Cl^6 se dissocie pour former de nouvelles molécules, $FeCl^3$ en particulier. Le paramagnétisme constant observé entre 327° et 430° est donc bien une propriété de la molécule Fe^2Cl^6. La théorie du paramagnétisme constant récemment publiée par Néel (2)

(1) Séance du 9 mai 1932.

(2) Néel, *Thèse*, Strasbourg, 1932.

permet d'interpréter entièrement ces résultats. D'après cette théorie les propriétés magnétiques d'un système formé de moments identiques, couplés deux à deux dans une position antiparallèle, se réduisent à un paramagnétisme constant.

La forte diminution de la susceptibilité magnétique observée lors de la formation des molécules Fe^2Cl^6 par sublimation s'explique par le couplage antiparallèle des deux atomes de fer porteurs de moment pour former la molécule de moment nul. Le paramagnétisme constant est dû à la déformation élastique de cette molécule par le champ magnétique. Ensuite, la dissociation se produit et donne naissance à de nouveaux porteurs de moments, notamment à $FeCl^3$, et le paramagnétisme variable réapparaît.

Conclusions. — Dans le cristal, l'ion Fe''' possède un moment magnétique. Dans la vapeur, les molécules Fe^2Cl^6 doivent leur paramagnétisme constant au couplage direct et antiparallèle des deux atomes de fer. Ces deux atomes doivent avoir des moments magnétiques égaux; ils possèdent donc la même valence [1]. Cela paraît exclure les formules de constitution dans lesquelles on fait jouer des rôles différents aux deux atomes de fer et en particulier celle où l'on considère Fe^2Cl^6 comme le sel de fer du radical $FeCl^6$.

POLARISATION ROTATOIRE. — *Sels doubles, sels complexes et dichroïsme circulaire.* Note de M. **J.-P. Mathieu**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note précédente [2], j'ai montré sur un exemple que des modifications profondes d'activité optique accompagnent un changement de nature des liaisons qui unissent le groupe chromophore au groupe actif d'une molécule. Voici un cas différent étudié sur des composés du cobalt.

Une solution contenant un sel cobalteux et un excès de tartrate de sodium laisse rapidement déposer des aiguilles microscopiques rose pâle, groupées en formes d'oursins. L'analyse de ces cristaux desséchés à 120°C. conduit à la formule $(C^4H^4O^6)^2CoNa^2$. En solution aqueuse, ce composé est, au moins pour la plus grande partie, normalement ionisé. Tous ses constituants s'y manifestent; en particulier, le cobalt se décèle facilement par la formation de cobaltosulfocyanure, et se comporte comme un ion

(1) Cabrera, *J. de Phys.*, 6e série, 3, 1922, p. 443.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1079.

positif dans l'électrolyse. Le corps ainsi obtenu doit donc être considéré comme un sel double, tartrate de cobalt et de sodium, et l'on peut écrire sa formule : $C^4H^4O^6Co$, $C^4H^4O^6Na^2$, nH^2O. Ses solutions aqueuses étendues possèdent une bande d'absorption dans le vert; cependant leur dispersion rotatoire ne présente qu'une très légère anomalie et le dichroïsme circulaire est faible dans la région d'absorption (voir tableau ci-contre).

Outre ce composé, formé en milieu neutre, des faits biens connus et utilisés en analyse conduisent à penser qu'il existe en milieu alcalin des corps contenant les mêmes constituants. Tower [1] a prévu qu'il doit se former dans les mélanges de sel cobalteux, de tartrate alcalin et d'alcali un composé défini contenant probablement une molécule d'acide tartrique pour un atome de cobalt et deux atomes de métal alcalin.

L'étude des mélanges précédents par les méthodes polarimétriques utilisées comme l'a indiqué M. Darmois [2] confirme l'existence de ce composé. Il est facile de l'obtenir à l'état cristallisé en partant de solutions très concentrées.

Dans un mélange à volumes égaux d'une solution de $(NO^3)^2Co.2M$ et d'une solution $C^4H^4O^6Na^2.2M$, on verse une lessive de soude 4M jusqu'à redissolution du précipité d'abord formé. Si l'on ajoute encore de la base par petites quantités, en agitant, on observe que la viscosité de la solution croît brusquement. En quelques minutes, le mélange forme un gel transparent rouge. Après quelques heures, cette gelée abandonnée dans un flacon bouché est transformée en une solution très oxydable dans laquelle sont déposés des cristaux microscopiques roses. Ceux-ci sont d'abord en forme de filaments flexibles, puis de bâtonnets isolés ou groupés en faisceaux, toujours trop petits pour permettre une étude cristallographique.

D'après l'analyse des cristaux purifiés et desséchés à 120° C., leur formule est $C^4H^4O^6CoNa^2$. Ce composé est un sel complexe. Le cobalt y est en effet dissimulé. Si l'on soumet ses solutions aqueuses à l'action d'un champ électrique, l'ion coloré se dirige vers l'anode. La réaction du sulfocyanure est négative. L'oxydation ne donne pas un précipité de sesquioxyde, mais une coloration verte [3]. Seul le sulfure d'ammonium donne un précipité de sulfure de cobalt. Le cobalt entre donc ici dans un anion complexe peu dissocié en ions métalliques libres. Des bases solides manquent pour proposer une formule de structure de cet anion. Le corps

---

(1) O. T. Tower, *Journal of American Chemical Society*, 22, 1900, p. 501.

(2) E. Darmois, *Journal de Physique*, 6e série, 4, 1923, p. 49 et *passim*.

(3) A. Job, *Comptes rendus*, 144, 1907, p. 1044.

obtenu doit être regardé comme un cobaltotartrate de sodium et l'on peut écrire sa formule : $[C^4H^4O^6Co]Na^2, nH^2O$. Les solutions aqueuses de ce composé présentent une bande d'absorption dans la même région du spectre que celles du tartrate double signalé plus haut. Mais leur dispersion rotatoire est fortement anormale et leur dichroïsme circulaire très marqué.

Le tableau suivant permet de comparer l'activité optique des deux composés :

Solutions contenant $9^g,5$ *de cobalt par litre.* $l = 2^{cm}$.

Longueurs d'onde en mμ.....		589.	578.	546.	508.	492.	436.
Tartrate double.	Rot........	+0°,14	+0°,16	+0°,20	+0°,26	+0°,31	+0°,37
	Ellip.......	»	?	−0,10	−0,05	?	0
Cobaltotartrate.	Rot........	−1,40	−1,43	−0,30	+1,16	+1,40	+0,85
	Ellip.......	−0,75	−1,40	−3,45	−2,20	−1,40	−0,2

Cette étude indique l'existence de deux combinaisons nouvelles bien définies, de structure différente bien que de composition voisine. L'effet Cotton ne se manifeste nettement que dans la combinaison complexe.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Méthode stroboscopique pour la mesure des biréfringences électriques.* Note (¹) de MM. **René Lucas** et **Marcel Schwob**, présentée par M. A. Cotton.

La présente Note a pour objet de décrire une méthode stroboscopique pour la mesure des biréfringences électriques, méthode permettant de réunir les avantages présentés tant par l'emploi d'une différence de potentiel continue, que par celui d'une différence de potentiel alternative, pour l'excitation de cellules de Kerr.

M. Cotton (²) a déjà indiqué les avantages de l'emploi des différences de potentiel alternatives (meilleure stabilité des liquides étudiés, diminution des effets d'électrolyse). Par contre, l'analyse de la lumière (méthodes de Chauvin, Brace, Chaumont, qui utilisent des plages lumineuses) se fait avec moins de sensibilité et n'est praticable que pour le cas de faibles retards.

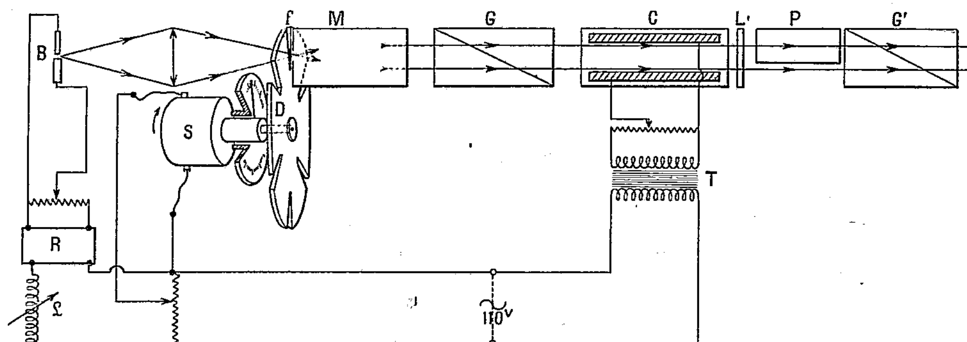
(¹) Séance du 2 mai 1932.

(²) A. Cotton et H. Mouton, *Ann. de Chimie et de Physique*, 8e série, 20, 1910, p. 201.

Depuis ces travaux, M. Pauthenier (¹) a utilisé, pour la mesure des retards absolus, une méthode de charge instantanée très élégante, mais de réalisation délicate. M. de Mallemann (²) s'est servi de cette méthode, mais a signalé les inconvénients qu'elle présente pour la mesure précise des biréfringences.

Nous croyons avoir éliminé les inconvénients respectifs des méthodes précédentes, tout en conservant leurs principaux avantages, par le procédé stroboscopique suivant :

La cuve de Kerr est reliée à une source de tension alternative. Le pinceau de lumière monochromatique n'est admis que pendant un temps très court dans le système optique, au moment où la tension passe par sa valeur maxima. D'autre part, la source de lumière présente un éclat variable périodiquement dont les maxima coïncident avec les périodes d'admission de la lumière.



La figure ci-dessus indique l'ensemble du montage. B est un brûleur à mercure Heraeus (lampe ponctuelle), dont l'image est formée sur la fente *f* d'entrée d'un séparateur de radiations M. La lumière monochromatique traverse ensuite un glazebrook polariseur G, la cuve de Kerr C, une lame quart d'onde L et un analyseur à deux plages, comprenant le prisme de Lippich P et le glazebrook G'.

La méthode de mesure utilisée est la méthode de Chauvin.

La tension d'excitation de la cuve C est prise aux bornes d'un potentiomètre relié au secondaire d'un transformateur 110-20000 volts, dont le primaire est branché sur le réseau.

(¹) M. Pauthenier, *Ann. de Physique*, 9ᵉ série, 14, 1920, p. 270.
(²) R. de Mallemann, *Ann. de Physique*, 10ᵉ série, 2, 1924, p. 47.

La tension d'alimentation du brûleur B est prise aux bornes d'un potentiomètre, relié à un redresseur de courant R, à vapeur de mercure, connecté au même réseau, à travers une self réglable L.

L'occultation périodique du faisceau est obtenue à l'aide d'un disque D, entraîné par un petit moteur synchrone S, à six pôles, alimenté par le réseau de distribution. Ce disque, solidaire du rotor du moteur, porte six fentes radiales, équidistantes, et de petite ouverture (six à sept degrés). Le stator du moteur peut tourner d'angles mesurables autour de l'axe du rotor.

Dans ces conditions, il est possible d'assurer la concordance de phase entre les maxima d'éclat du brûleur, le passage des fentes et les maxima de tension de la cellule.

Un calcul simple permet de voir, qu'avec l'ouverture adoptée pour les fentes du disque, le carré moyen de la tension de cellule ne diffère que de 1 pour 100 de la valeur de tension de crête pendant l'admission de la lumière.

Il en résulte que les pointés de l'analyseur se font avec une grande précision, *même dans le cas de retards importants*, les extinctions des plages se faisant sensiblement comme dans le cas de l'emploi de tensions statiques.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rapport actinium-uranium dans une uraninite ancienne, la clévéite de Aust-Agder (Norvège)*. Note [1] de Mlle **Ellen Gleditsch** et M. **Sverre Klemetsen**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note précédente [2] nous avons donné les premiers résultats de quelques essais en vue de déterminer le rapport de l'actinium à l'uranium dans quelques minerais. On a trouvé que la quantité d'actinium est environ 3 pour 100 de celle de l'uranium : pour une broeggerite de Raade (Norvège) 2,7, pour une pechblende de Cornouailles 3,3.

Nous avons fait dernièrement une détermination de ce même rapport pour un troisième minerai, une clévéite d'Aust-Agder (Norvège). Nous nous sommes servis des deux mêmes méthodes qui ont déjà été décrites [3]:

1° Précipitation et purification de l'actinium suivie d'une étude de l'augmentation

---

(1) Séance du 9 mai 1932.

(2) Ellen Gleditsch et Ernst Foyn, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1571.

(3) *Loc. cit.*

de son activité. La quantité d'actinium trouvée représente 3,25 pour 100 de celle de l'uranium;

2° Précipitation, purification du protactinium et détermination de son activité α. La quantité d'actinium trouvée est 3,15 pour 100 de celle de l'uranium.

Il ne faut pas attribuer une trop grande importance à la concordance de ces deux résultats, elle est probablement accidentelle. La difficulté principale réside dans les purifications chimiques, et ici une erreur de 5 à 10 pour 100 est possible.

Il y a des points importants à préciser pour les trois minerais examinés :

La broeggerite est une uraninite cristallisée. On la trouve associée au feldspath dans certains dykes de pegmatite qui traversent le massif granitique de Fredrikshald dans le sud-est de la Norvège (Raade ou Moss). Ce massif, d'après ce qu'on croit, date du précambrien. Le minerai est remarquablement peu altéré et très ancien; des calculs d'âge basés sur le rapport radium G-uranium conduisent à environ 900 millions d'années ([1]).

La clévéite est également une uraninite, mais plus altérée que la broeggerite. On la trouve dans des dykes de pegmatite traversant le grand massif de granite précambrien, qui s'étend de Langesundsfjord vers le sud-ouest de la Norvège (district d'Arendal). Le rapport radium G-uranium indique pour les échantillons de clévéite examinés un âge d'environ 1000 millions d'années ([2]).

Le troisième minerai, la pechblende de Cornouailles, est de date plus récente. Toutefois les données que nous possédons sur ce minerai sont moins complètes. Le rapport radium G-uranium n'a pas été déterminé; le rapport radioplomb-uranium indique pour les différents échantillons examinés l'âge de 2 à 400 millions d'années, mais il est fort probable que ce radioplomb contient aussi du plomb ordinaire ([3]).

Il serait intéressant d'examiner quelques échantillons de minerai considérablement plus jeunes, ce que nous espérons faire prochainement.

([1]) Voir *Bulletin of the National Research Council*, n° 80 (*National Academy of Science Washington* D. C., p. 276, 285 et 310), et Ellen Gleditsch, *Étude sur les minéraux radioactifs : I. La broeggerite* (*Archiv for Math. og Naturvid.*, 36, n° 1).

([2]) *Loc. cit.*

([3]) *Loc. cit.*

RADIOACTIVITÉ. — *Phénomènes radioactifs de second ordre et d'origine artificielle.* Note de M. G. **Reboul**, présentée par M. A. Cotton.

L'exposition de certains corps à l'action de cellules semi-conductrices leur communique la propriété d'impressionner la plaque photographique et d'influencer l'électroscope ([1]). L'étude de ce phénomène a donné les résultats suivants.

I. Parmi les corps essayés, seuls les *isolants* ou mauvais conducteurs ont paru susceptibles d'activation. On peut activer comme il a été antérieurement indiqué : du papier, du carton, des substances végétales desséchées, des étoffes, de la paraffine, de l'ébonite, du soufre, de la diélectrine, de l'ambroïne, etc. Nous avons vu que les gaz environnant la cellule sont dans un état d'activation.

La nature diélectrique de la substance paraît être une condition essentielle; il suffit de rendre un corps conducteur pour qu'il ne puisse s'activer : sur une feuille de papier on trace des caractères avec une solution conductrice, on active ensuite la feuille; dans son action sur la plaque sensible les caractères tracés, quoique non apparents sur la feuille, ressortent nettement sur la plaque, montrant bien que les parties conductrices n'ont pas participé à l'activation.

La constitution physique du corps expérimenté intervient dans le phénomène : des corps polis s'activent mal et ne présentent d'effet marqué que sur leurs bords, des rayures superficielles facilitent au contraire l'activation.

Les métaux, même en poudre, ne s'activent pas.

II. Les corps activés impressionnent la plaque photographique, agissent sur l'électroscope et produisent des effets analogues à la phosphorescence.

1. *Action sur la plaque sensible.* — C'est elle qui est la plus nette et se prête le mieux à l'étude du phénomène. Celle-ci se fait aisément avec des plaques commerciales sensibles (Lumière opta, par exemple), elle nécessite des poses de 12, 24 ou 48 heures.

L'action est due à un rayonnement très absorbable qu'une épaisseur de 1 ou 2^{mm} d'air à la pression ordinaire suffit pour arrêter, mais que laissent passer des pellicules de cellophane; elle persiste parfois plusieurs jours et présente les caractères d'une phosphorescence invisible.

([1]) *Comptes rendus* 194, 1932, p. 602 et 1122.

2. *Action sur l'électromètre.* — Son étude exige un bon appareil de quelques centimètres de capacité et sensible au millième de volt; les charges sont faibles et les mesures relativement longues, aussi le laboratoire doit-il être peu éclairé et sa température suffisamment constante.

Après activation, les corps possèdent une forte charge électrique qu'ils perdent lentement pendant plusieurs heures. Cette charge est positive ou négative suivant le sens de la tension appliquée à la cellule; elle est due probablement aux charges projetées par cette dernière.

On peut facilement se mettre à l'abri des effets d'influence accompagnant cette charge et mesurer les courants d'ionisation produits par le rayonnement du corps activé. On n'obtient d'effet net que pendant les deux ou trois heures qui suivent l'activation. L'action diminue rapidement et au bout de quelques heures, il est difficile d'affirmer que les courants obtenus ne sont pas dus à quelque effet perturbateur. Ainsi une feuille de papier, activée comme il a été indiqué antérieurement, donne au début un courant de 108 (unités arbitraires), un quart d'heure après on n'a plus que 15, cinquante minutes après 6 et au bout d'une heure et demie 3; le lendemain on a des courants d'une unité, c'est-à-dire de l'ordre de grandeur de ceux que l'on obtient indépendamment de toute activation.

3. *Effets de phosphorescence.* — Si l'on place un corps préalablement activé sur une substance susceptible d'activation, une feuille de papier par exemple, celle-ci acquiert à son tour la propriété d'impressionner la plaque sensible et présente les caractères d'une phosphorescence invisible.

L'action sur un écran phosphorescent ordinaire est trop faible pour pouvoir être aperçue à l'œil. On peut la mettre en évidence de la manière suivante : sur une plaque photographique on place pendant 24 heures un écran phosphorescent dont une partie a été exposée à l'action d'un corps préalablement activé; l'impression est plus nette sous la partie exposée de l'écran. Il est toutefois difficile d'affirmer que l'augmentation est due à l'action du corps phosphorescent proprement dit plutôt qu'à celle de la substance qui lui sert de support.

III. L'explication pourrait être la suivante : sous l'action du rayonnement très absorbable émis par la cellule ou par les gaz qui en émanent, les atomes des substances activées sont sortis de leur état d'équilibre électrique et n'y reviennent qu'avec une certaine lenteur; ce retour à l'équilibre est accompagné d'émission de radiations très absorbables. On conçoit pourquoi seuls les isolants sont susceptibles d'activation, puisque ce sont les corps où l'équilibre électrique se rétablissant le plus difficilement, la persistance du phénomène a le plus de chances de se produire.

La nature très absorbable des radiations émises montre que leur longueur d'onde est de quelques centaines d'angströms et leur quantum énergétique de quelques dizaines de volts; les vitesses correspondantes des électrons ou des centres positifs mis en jeu sont donc très faibles et leurs effets habituels ne peuvent donner lieu qu'à des phénomènes indiscernables.

En somme nous obtenons des phénomènes d'allure radioactive, qui, faisant intervenir probablement les couches superficielles de l'atome, peuvent être provoqués artificiellement. L'extrême absorption, par la matière environnante, du rayonnement qui leur correspond, masque complètement le caractère atomique de cette espèce de radioactivité de second ordre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'abaissement des points d'eutexie.* Note de MM. **Eugène Cornec** et **Henri Muller**, présentée par M. G. Urbain.

L'eutectique simule le corps pur. Comme dans le cas du corps pur, la température de solidification est en général abaissée par addition d'une substance soluble.

Nous avons employé l'eutectique glace-nitrate de potassium qui se congèle à — 2°,84 et étudié l'abaissement du point d'eutexie par addition de composés organiques ou de sels minéraux neutres en quantités suffisamment faibles pour qu'il n'intervienne pas de phases solides autres que la glace et le nitrate de potassium.

Soient : P le nombre de grammes de la substance ajoutée, supposée anhydre, pour 100^g d'eau contenus dans la solution saturée à la fois de glace et de nitrate de potassium; M le poids moléculaire de la substance anhydre et Δ l'abaissement de la température d'eutexie (Δ était généralement compris entre 0°,2 et 2°,5; il n'a jamais dépassé 3°,5). En général l'abaissement moléculaire $K = \Delta/PM$ n'est pas constant. En portant, à la manière de Raoult, les valeurs de K en ordonnées et celles de Δ en abscisses on obtient presque toujours une droite ou parfois une courbe très tendue. Il est donc toujours facile de déterminer, par extrapolation, l'abaissement moléculaire à l'origine K_0.

1° Les substances organiques étudiées ont, malgré la différence de leur poids moléculaire, sensiblement le même abaissement moléculaire à l'origine.

	K_0.	M.
Urée	16,6	60
Résorcine	16,4	110
Saccharose	16,4	342

2° Les sels ayant un ion commun avec le nitrate de potassium, qui est le constituant salin de l'eutectique, ont des abaissements moléculaires voisins de celui des non électrolytes.

	K_0.		K_0.
ClK	17,6	$Fe(CN)^6K^4$	16,4
BrK	17,5	NO^3Na	17,7
IK	17,7	NO^3NH^4	17,0
SO^4K^2	17,1	$(NO^3)^2Pb$	17,6
CrO^4K^2	17,6		

3° Pour les autres sels l'abaissement moléculaire est *n* fois plus grand que pour les corps précédents, *n* étant le nombre d'ions contenus dans la molécule du sel.

	K_0.		K_0.
ClNa	32,8 = 2.16,4	$SO^4(NH^4)^2$	49,2 = 3.16,4
$ClNH^4$	32,9 = 2.16,5	CO^3Na^2	49,4 = 3.16,5
SO^4Mg	32,9 = 2.16,5	PO^4Na^3	68,0 = 4.17,0
SO^4Cu	32,8 = 2.16,4	$P^2O^7Na^4$	82,0 = 5.16,4
Cl^2Ba	50,0 = 3.16,7	$Fe(CN)^6Na^4$	83,0 = 5.16,6
SO^4Na^2	49,1 = 3.16,4		

Il est nécessaire de rappeler que, dans le cas de la cryoscopie des sels dans l'eau, les courbes $K = f(\Delta)$ se relèvent rapidement ou très rapidement au voisinage de l'axe des K; par suite seules des expériences de haute précision, effectuées sur des solutions extrêmement diluées, ont permis de vérifier que les abaissements limites des différents sels sont bien entre eux dans des rapports simples (¹).

La méthode permet de vérifier aisément la formule des sels.

EFFET RAMAN ET CHIMIE. — *Influence des substitutions sur la fréquence des vibrations des composés éthyléniques. Un procédé de classement des radicaux.* Note (²) de M. **M. Bourguel**, présentée par M. G. Urbain.

La comparaison des spectres Raman dans une série de composés organiques possédant une même fonction montre qu'à la plupart des groupe-

(¹) Voir en particulier les mesures de Bedford (*Proc. Roy. Soc.*, 83, 1910, p. 459) sur : saccharose; ClK; MnO^4K; SO^4Mg; SO^4Cu; Cl^2Ba; SO^4H^2; $Fe(CN)^6K^3$.

(²) Séance du 2 mai 1932.

ments fonctionnels sont liées des raies à peu près fixes; leurs petits déplacements sont sous la dépendance de la place de la fonction dans la molécule et des substitutions voisines. La connaissance des lois de ce déplacement serait évidemment précieuse pour la détermination des structures des composés organiques.

J'ai entrepris l'étude de ces lois pour les raies liées à la fonction éthylénique et plus particulièrement pour la raie de la région 1600. Dans une première Note ([1]), j'ai montré que dans les carbures d'hydrogène, sa fréquence augmente régulièrement si l'on remplace 1, 2, 3 H de l'éthylène par des chaînes hydrocarbonées; et à chaque type d'éthylène substitué correspond une zone de fréquence bien déterminée. De nouvelles expériences sont venues confirmer ces premières données.

Prenant ensuite un type d'éthylénique donné, j'ai cherché l'influence des divers radicaux liés à la double liaison. Cette Note-ci est consacrée aux composés éthyléniques monosubstitués. Le tableau ci-dessous permet de comparer les divers radicaux.

	Bande large forte.	Raie fine assez forte.	Raie fine forte.	Bande assez large forte.	Bande assez large assez forte.
$CH^2=CH-CH^3$ (liquide)	1295	1414	1647	3007	3086
$CH^2=CH-CH^2OH$	1290	1407-1422	1646	3013	3089
$CH^2=CH-CHOH-CH^3$	1287	1410-1423	1646	3014	3089
$CH^2=CH-C^2H^5$ (liquide)	1294	1416	1642	3003	3083
$CH^2=CH-C^3H^7$	1296	1416	1642	3001	3079
$CH^2=CH-C^4H^9$	1295	1416	1642	3002	3076
$CH^2=CH-C^5H^{11}$	1299	1416	1642	3000	3081
$CH^2=CH-C^6H^{13}$	1296	1416	1642	3001	3081
$CH^2=CH-C^7H^{15}$	1300	1416	1642	3003	3081
$CH^2=CH-CH^2-C\equiv C-C^6H^5$	–	1416	1642	–	–
$CH^2=CH-CH^2-C^6H^5$	1296	1413	1640	3006	3067
$CH^2=CH-CH^2Cl$	1291*	1411*	1640*	3022*	3090*
$CH^2=CH-CO^2H$	1281-1295	1397	1638	(?)	3111
$CH^2=CH-CH^2Br$	1295	1409	1635	3011-3022	3089
$CH^2=CH-C^6H^5$	1303 (?)	1413	1631	3011	3064(?)
$CH^2=CH-H$ (liquide)	–	1340*	1620*	3000*	3080*
$CH^2=CH-CHO$	1277	1363	1618	(?)	(?)
$CH^2=CH-Cl$	1271*	1355*	1608*	3036*	3134*
$CH^2=CH-Br$	1251	1369	1598	3013	3076-3103

Seules les déterminations marquées d'un astérisque ont été relevées dans les

([1]) Bourguel, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 934.

Mémoires d'autres auteurs. Toutes les autres ont été faites en vue de ce travail à l'aide d'un spectrographe dispersif; l'erreur est inférieure à $\pm 1,5^{cm-1}$ pour les raies fines et $\pm 3^{cm-1}$ pour les bandes larges. Les indications placées en haut des colonnes ne sont, bien entendu, que des indications moyennes.

La raie de la région 1600. — De l'avis général, cette raie correspond aux vibrations du groupement $C = C$. C'est pourquoi nous avons classé les radicaux par rapport à elle dans l'ordre des fréquences décroissantes.

On remarquera d'abord que la raie reste à 1642 ± 1 dans tous les carbures aliphatiques (le premier excepté), ainsi que dans les carbures aromatiques à longue chaîne. Cette fixité absolue, malgré les fortes différences de poids du substituant, indique que la double liaison vibre localement sans mettre en mouvement le reste de la molécule. Il doit en être de même quand on remplace un des radicaux C^2H^5, C^3H^7, etc. par un autre. Le déplacement de la raie traduit alors simplement la variation de la force de liaison des carbones doublement liés sous l'influence des substitutions. Il permet, en outre, de mesurer la variation de cette force : la mécanique donne comme fréquence de vibration ν de deux masses m_1, m_2 reliées par une force élastique F proportionnelle au déplacement : $F = fx$

$$\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{f\left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}\right)}.$$

Les masses ne changeant pas, d'après ce qui a été dit, la variation relative de la force de liaison est donc double de la variation relative de fréquence.

Comparés aux radicaux C^2H^5, C^3H^7, ..., *qui ont des effets identiques, le radical méthyle, la fonction alcool augmentent la force de liaison. Au contraire, les radicaux ou atomes ordinairement appelés négatifs*, CO^2H, C^6H^5, CHO, Cl, Br *diminuent la force de liaison*. L'influence de ces radicaux se fait encore sentir, mais avec moins d'intensité, lorsqu'ils sont sur le carbone voisin de la double liaison (CH^2Cl, $-CH^2Br$, $-CH^2C^6H^5$). Quand on passe du radical le plus positif (CH^3) à l'atome le plus négatif de ce tableau (Br), la force ne diminue que de 6,1 pour 100 de sa valeur; mais, si faible que soit cette variation dans le passage d'un radical à un autre, elle suffit pour expliquer les phénomènes d'orientation dans les transpositions moléculaires.

On a donc un nouveau procédé de classement des radicaux les uns par rapport aux autres. Pour qu'il ait quelque valeur, il faudra, bien entendu, qu'on retrouve le même classement avec des composés éthyléniques d'autres

types. J'ai déjà fait un grand nombre de déterminations sur des éthylènes di- ou trisubstitués et je retrouve la même influence des radicaux C^6H^5, CHO, Cl, Br par exemple.

MÉTALLURGIE. — *Utilisation des alliages de magnésium* (*qualités maxima des fabrications et tolérances minima des normes*). Note de MM. **R. de Fleury** et **Benmakrouha**, présentée par M. Mesnager.

Extraites des travaux entrepris sous l'initiative et avec le concours du Service des Recherches de l'Aéronautique, les conclusions peuvent s'appliquer à bien des matériaux. Toutefois, elles présentent un intérêt fondamental pour le magnésium qui est plus sensible que les métaux usuels aux *dépréciations* par refusions successives, inhérentes aux procédés de transformation. C'est d'un problème de stabilité des fabrications qu'il s'agit.

Mesure de la marge de dépréciation. — On appellera marge d'une dépréciation particulière θ après *n refusions totales* d'un alliage le rapport de la chute de telle propriété, requise pour tel emploi, à la valeur qui chiffrait la propriété après celle des premières refusions où elle était portée à son maximum. La propriété requise peut être : la coulabilité C; la limite élastique E; l'allongement A; l'inverse $1/r$ du pourcentage de rebuts à la réception; l'inverse de la teneur $1/t$ en une impureté nuisible..., à volonté. Par exemple :

$$\theta = \frac{C_1 - C_n}{C_1} \qquad \text{ou} \qquad \theta = \frac{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_n}}{\frac{1}{r_1}}, \ldots.$$

Coefficient de dépréciation élémentaire. — Le coefficient α de la dépréciation élémentaire à chaque fusion ne porte que sur la proportion restée saine du métal et s'ajoute à la somme des dépréciations des fusions précédentes. Noter que la valeur de α permet de classer tel procédé de traitement; elle se calcule au moyen de la relation

$$(1) \qquad (1 - \alpha)^n = 1 - \theta.$$

Mise en œuvre nette *et* brute. — On appelle *mise en œuvre brute m* le rapport du chargement de l'appareil de fusion au poids des pièces extraites. Or le chargement doit réintroduire, en fabrication équilibrée, la proportion r du rebut moyen des pièces à la sortie des ateliers, de telle sorte que

la mise en œuvre nette M par rapport aux pièces bonnes peut s'exprimer, aux pertes au feu près, par la relation

$$(2)\qquad M(1-r)=m.$$

L'apport constant de métal neuf, dans le creuset de capacité 1, remplace le poids des pièces, soit $1/M$ à chaque fusion. L'accumulation de la dépréciation ne porte donc que sur la quantité A du métal récupéré de la fusion précédente, et tel que $A=(1-1/M)$. La dépréciation au bout de n refusions suit la loi convergente de récurrence

$$(3)\qquad \tau_n=\frac{\alpha A[1-A^n(1-\alpha)^n]}{1-A(1-\alpha)},\qquad \tau_\infty=\frac{\alpha A}{1-(1-\alpha)A}.$$

Qualités maxima des fabrications et tolérances minima des normes. — En toute rigueur, un accroissement du taux r des rebuts, par intolérance, entraîne une chute des qualités, d'après la formule (2), et *alors la norme va à l'encontre de son but.* Il y a une valeur de tolérance optimum pour la qualité des fabrications. La valeur de τ pour n infini mesure la *tolérance normale minima* compatible avec chaque fabrication particulière en roulement d'atelier. En fonction de M, la relation (3) peut s'écrire

$$(3')\qquad \tau=\frac{\alpha(M-1)}{M-(1-\alpha)(M-1)}.$$

Cas de deux fabrications simultanées de première et deuxième zone (M_1 et M_2). — Si $M_2<M_1$, l'amélioration moyenne de la qualité de première zone est évidente. Si cela ne suffit pas à améliorer assez on organisera la production en échelle; on ne réintroduira, en complément du creuset, pour la fonderie de première zone, qu'une fraction du métal déjà refondu, provenant de la mise en œuvre M_1. Cela revient à rétablir l'équilibre amélioré sur la base d'une mise en œuvre fictive $M'_1<M_1$, le poids produit de pièces de première zone restant égal à $1/M_1$. Mais bien entendu, pour cela il faut que la différence $(M_1-M'_1)$ de mise en œuvre soit absorbée entièrement dans la fabrication de deuxième zone, c'est-à-dire qu'on en retire un poids de pièces proportionnel à $1/M_2$ et égal à $(1/M'_1-1/M_1)\,1/M_2$. Cela pose la condition supplémentaire d'équilibre de quantité, en fonction des pourcentages respectifs λ et $(1-\lambda)$ des débouchés

$$(4)\qquad \frac{M_1-M'}{M_2}\lambda=\frac{1}{M_1}(1-\lambda).$$

Abaques. — Ces formules se prêtent à des abaques simples qui permettent

de chiffrer les *tolérances normales minima* compatibles avec les fabrications et avec les possibilités. Ces abaques ont déjà servi à chiffrer la marge d'amélioration possible à apporter à une fonderie de roues en magnésium pour avions ($M_1 = 3$), par l'adjonction, en échelle de deuxième zone, d'une fabrication de roues de camions ($M_2 = 1,5$).

CHIMIE MINÉRALE. — *Un mode particulier de corrosion des aciers austénitiques au chrome-nickel.* Note de MM. **A. Sanfourche** et **A. Portevin**, présentée par M. H. Le Chatelier.

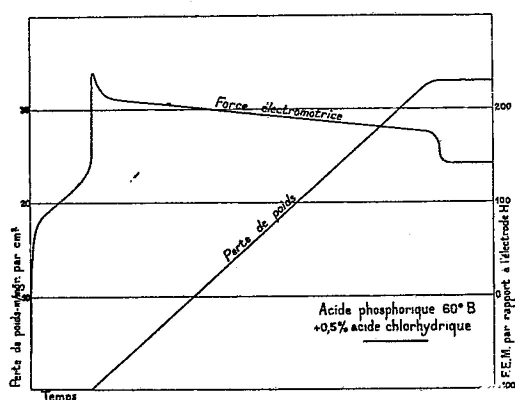
L'acier austénitique du type 18 Cr, 8 Ni, que nous avons montré insensible à l'action de l'acide phosphorique à froid (*Comptes rendus*, 142, 1931, p. 1563, et 143, 1931, p. 53), est rapidement corrodé si cet acide renferme de l'acide chlorhydrique, même à dose très faible; l'étude systématique de l'influence de ce facteur a présenté quelques particularités intéressantes à signaler.

En général, il faut, pour provoquer l'attaque, d'autant moins d'acide chlorhydrique que la solution phosphorique est plus concentrée : c'est ainsi que, dans 100^{cm^3} de solution à 35° Bé, $0^{cm^3},5$ d'acide chlorhydrique suffit à déclencher une réaction qui va s'accélérant et aboutit à la destruction complète de l'alliage. Cette dose ne correspond cependant qu'au rapport très faible $HCl/PO^4H^3 = 1/625$, ce qui montre que l'acide chlorhydrique est constamment libéré des chlorures d'abord formés, par réaction de l'acide phosphorique sur ceux-ci.

Un autre point à mettre en lumière est que si, pour les faibles concentrations d'acide phosphorique (30° Bé), l'état de surface de l'alliage paraît sans influence sur l'attaque, il n'en est plus de même avec l'acide à 53° Bé : c'est ainsi que l'action qui vient d'être exposée se produit sur l'acier préalablement décapé à l'acide chlorhydrique, tandis qu'après un simple nettoyage au sable, on constate une passivité complète que ne font cesser ni une action mécanique (rayures, encoches de lime), ni une action de contact (graphite, platine, alliage déjà corrodé). Si la dose d'acide chlorhydrique est portée à 1^{cm^3} ($HCl/PO^4H^3 = 1/312$) l'attaque a lieu quel que soit l'état de la surface, mais son allure est accélérée après nettoyage au sable, et seulement linéaire après décapage chlorhydrique.

Avec la solution phosphorique à 60° Bé additionnée de $0^{cm^3},5$ d'acide chlorhydrique ($HCl/PO^4H^3 = 1/790$), le phénomène revêt une allure typique

qui nous a incités à en suivre la marche, non seulement par la perte de poids de l'alliage, mais aussi en mesurant sa variation de potentiel par rapport à l'électrode à hydrogène plongée dans le milieu corrodant. On constate trois périodes se succédant avec une rapidité variable : *a.* passivité initiale, marquée par une perte de poids nulle ou insensible, et croissance en valeur absolue de la f. e. m. ; *b.* quand la f. e. m. atteint 0,10 à 0,12 volt, l'attaque se déclenche brusquement et la f. e. m. monte en quelques instants à 0,22-0,24 volt; la perte de poids se maintient sensiblement linéaire, tandis que la f. e. m. baisse rapidement d'abord, puis très lentement; *c.* quand la f. e. m. est descendue vers 0,18-0,19 volt, l'attaque cesse aussi brusquement qu'elle avait commencé, et la f. e. m. tombe à 0,12-0,14 volt pour demeurer stationnaire. La figure montre la succession de ces phéno-



mènes; l'échelle des abscisses n'est pas graduée, parce que la durée varie suivant la préparation de la surface : la passivité du début va de 2 heures au minimum (décapage chlorhydrique) à $6^h,45$ au maximum (sablage); la durée de la période d'attaque, qui s'est étendue de 24 à 40 heures, est sans rapport évident avec l'état initial de la surface, mais la perte de poids horaire en dépend : $0^{mg},55$ par centimètre carré après sablage, $0^{mg},85$ après décapage chlorhydrique. Lorsque la passivité est revenue, la solution fortement colorée en vert renferme un magma cristallin de phosphates insolubles dans l'acide concentré, se dissolvant par addition d'eau; l'alliage est recouvert d'une couche noire de carbure double de fer et de chrome, isolé par suite d'une attaque sélective : en effet, la solution renferme les constituants essentiels de l'alliage dans la proportion de 76 Fe, 14 Ni, 10 Cr, au lieu de 70 Fe, 8 Ni, 21 Cr dans l'acier. C'est à l'isolement de ce carbure que l'on

peut attribuer l'arrêt de l'attaque, et non à l'épuisement de l'acide, car la passivité persiste dans le mélange renouvelé où la f. e. m. se stabilise asymptotiquement vers 0,11, —0,12 volt; elle cesse au contraire dans le mélange 100^{cm^3} acide phosphorique $53^\circ B^é + 0^{cm^3},5$ acide chlorhydrique, qui dissout le carbure double.

Il est à noter que l'interruption de l'attaque, suivie de lavage et séchage de l'échantillon, confère à celui-ci une passivité temporaire de plusieurs heures, de sorte que la courbe de perte de poids en fonction du temps ne peut être tracée au moyen des points fournis par des pesées échelonnées; on doit procéder à autant d'expériences que l'on veut déterminer de points.

En résumé, l'influence de l'état initial, la formation possible d'une pellicule inattaquable dans certaines conditions, la marche différente des phénomènes pour des variations faibles de la composition du réactif, nous ont rendu impossible dans le cas qui nous occupe la définition d'un mode général d'essai qualifiant la résistance à la corrosion; suivant les conditions de l'attaque on peut être conduit à des conclusions opposées concernant la résistance chimique du métal et l'influence de l'état de surface.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la willémite synthétique.* Note de M. **Adrien Karl**, présentée par M. G. Urbain.

Certaines variétés de willémite (SiO^4Zn^2) sont remarquables par la vive phosphorescence verte qu'elles émettent sous l'action des rayons cathodiques.

Divers essais de synthèse de ce minéral ont été décrits : Ebelmen (1) ne semble pas avoir obtenu ce silicate; par contre, Sainte-Claire Deville a pu reproduire des prismes hexagonaux identiques à ceux de la willémite. Il faisait réagir du fluorure de silicium et de l'acide fluorhydrique sur le zinc ou son oxyde, ou bien encore le fluorure de zinc sur la silice. On ignore si le produit obtenu par Sainte-Claire Deville était susceptible de devenir phosphorescent par les rayons cathodiques.

La willémite naturelle phosphorescente se présente en amas de petits cristaux en forme de prismes rhomboédriques de couleur jaune verdâtre. Son spectre de phosphorescence est continu du jaune au bleu, avec un maximum dans la région du vert.

---

(1) *Comptes rendus*, 57, 1861, p. 1304.

L'analyse au moyen du spectre d'arc ultraviolet révèle dans ce minéral la présence de certaines impuretés, qui jouent vraisemblablement le rôle de phosphorogènes. Ce sont le nickel, qui domine, puis le fer, le cuivre à l'état de traces et le plomb en quantité plus faible encore.

Les études dont la description va suivre ont eu pour but de reproduire la willémite cristallisée, de rechercher les causes de sa phosphorescence, et de réaliser la synthèse du silicate de zinc phosphorescent, tel que celui que l'on rencontre dans la nature.

La willémite peut être obtenue cristallisée en traitant par la vapeur d'eau, à 600°, un mélange de silice finement pulvérisée, de chlorure de sodium et d'un excès de chlorure de zinc, disposé dans une nacelle (1).

L'excès de chlorure de zinc distillé, sa vapeur est entraînée par le courant de vapeur d'eau. Au bout d'une demi-heure, le contenu de la nacelle est entièrement solidifié. Il laisse apparaître une couche superficielle de cristaux, visibles à l'œil nu, et une couche inférieure microcristalline. Le produit est traité par l'eau qui le désagrège et dissout les sels solubles, puis par de l'acide chlorhydrique très dilué qui élimine une petite quantité d'oxychlorure de zinc. La willémite reste finalement.

Le dosage des éléments constituants met en évidence un léger excès de silice, mais il est facile de vérifier par un examen microscopique que celle-ci n'est pas combinée. Elle se présente sous l'aspect de fragments informes, sur lesquels sont implantés des petits cristaux de silicate de zinc.

Ce procédé constitue donc une synthèse de la willémite.

De l'analyse de la willémite naturelle on peut imaginer que sa phosphorescence doit être attribuée à un système de plusieurs phosphorogènes, parmi lesquels le nickel semble jouer un rôle prépondérant.

Pour vérifier cette hypothèse, il était nécessaire d'utiliser des produits très purs, susceptibles de ne fourir aucune phosphorescence propre.

A cet effet, du nitrate de zinc fut purifié par une série de 400 cristallisations portant sur dix fractions. L'oxyde que donnait le nitrate de tête, par calcination, ne produisait plus qu'une légère cathodo-luminescence. La silice pure fut préparée à partir de $SiCl^4$, purifié par des distillations répétées. Enfin, le NaCl fut traité par des cristallisations successives. L'un et l'autre de ces produits ne montrait pas la moindre phosphorescence cathodique.

---

(1) Cette méthode s'applique à la synthèse de toute une classe de silicates métalliques.

Les préparations ont été faites dans des nacelles et tubes de quartz chauffés électriquement.

Le silicate de zinc préparé dans ces conditions devrait être exempt de phosphorescence; cependant on peut observer qu'il émet dans le tube à vide une phosphorescence violette. Ainsi, ce produit paraît être un diluant très sensible, dont la préparation à l'état de grande pureté présente des difficultés et nécessite des soins méticuleux.

Le nickel introduit dans cette substance à des doses comprises entre 1/500e et 1/1000e lui procure une très vive phosphorescence vert émeraude.

Le cuivre, dans des limites qui varient du 1/500e au 1/2000e lui communique une phosphorescence verte, qui devient vert bleuté lorsqu'on augmente le degré de vide ou la puissance de la décharge cathodique

Le mélange de nickel au 1/1000e et de cuivre au 1/4000e produit une phosphorescence verte très brillante qui présente une bande spectrale analogue à celle de la willémite naturelle.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la déshydratation de l'acide niobique.* Note de M. **P. Süe**, présentée par M. C. Matignon.

Nous avons entrepris une étude systématique de la déshydratation progressive du précipité d'acide niobique obtenu par neutralisation, avec l'acide chlorhydrique, d'une solution alcaline de niobate. Cette solution était préparée en dissolvant dans l'eau le produit de la fusion du mélange contenant 2 parties d'anhydride niobique pour 2,5 parties ou 3 parties de potasse pure.

L'acide hydraté, simplement essoré, dont la composition brute correspond à $Nb^2O^5.58H^2O$ placé dans le vide, au-dessus de potasse solide, perd en 5 à 6 jours son eau d'imbibition, puis à partir de la composition $Nb^2O^5.4H^2O$, il se déshydrate lentement en tendant vers un équilibre voisin de $Nb^2O^5 3H^2O$. Après huit mois de séjour dans le vide, il reste $3.14H^2O$, treize mois plus tard, la diminution de poids n'est que de 0,04 pour 100.

Un deuxième précipité provenant d'une autre préparation se comporte d'une façon semblable. A partir d'un état initial représenté par $Nb^2O^5.85H^2O$, on atteint en 6 à 7 jours une composition voisine de $4H^2O$, puis la déshydratation tend lentement vers $Nb^2O^5.3H^2O$. L'état de la

phase solide après 3 et 21 mois correspond aux formules $Nb^2O^5.3.096H^2O$ et $Nb^2O^5.3.06H^2O$.

Des faits précédents, on ne peut conclure à l'existence certaine des deux hydrates définis $Nb^2O^5.4H^2O$ et $Nb^2O^5.3H^2O$, car cette eau peut être aussi bien de l'eau d'adsorption que de l'eau de constitution; toutefois la double coïncidence des changements du régime de déshydratation à $4H^2O$ et $3H^2O$ ne permet pas d'exclure cette dernière hypothèse.

Nous avons vérifié la réversibilité de la déshydratation. Le système $Nb^2O^5.3,14H^2O$, placé dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau, s'hydrate avec une vitesse sensiblement constante jusqu'aux environs de $4H^2O$, composition atteinte en 55 minutes, puis l'hydratation progresse de plus en plus lentement pour conduire à $Nb^2O^5.8,37H^2O$ après 102 heures. Dans le vide, en présence de potasse solide, ce dernier produit se comporte comme la première fois, mais avec une plus grande vitesse de déshydratation; en 59 jours, on obtient un équilibre avec $3,02H^2O$; le système $3,14H^2O$, après une très légère hydratation accidentelle, conduit au même équilibre $3,05H^2O$ en 44,5 heures.

Le changement de vitesse lors de la deuxième déshydratation s'explique par une modification de structure physique ou un vieillissement dû à une lente polymérisation.

De semblables substances rehydratées placées dans le vide sulfurique ou phosphorique ne s'arrêtent plus à la composition de $3H^2O$, mais continuent à perdre l'eau. Après 65 jours, avec l'acide sulfurique, le composé se stabilise vers $2H^2O$ tandis qu'avec l'anhydride phosphorique on atteint $1,7H^2O$ et la réaction continue. En partant de $Nb^2O^5.3,14H^2O$, on arrive, après une même durée de dessiccation, à un résultat semblable avec ces déshydratants acides.

Ces faits ne confirment donc pas l'existence d'un hytrate défini à $3H^2O$; de plus les courbes de déshydratation obtenues avec les acides, n'indiquent aucune particularité susceptible d'en manifester la présence.

La déshydratation a été poursuivie à température constante et à diverses températures. A 100°, on obtient, après 4 mois, un état d'équilibre qui correspondrait à $1H^2O$. Entre 195 et 260°, l'équilibre ne varie pas et reste voisin de $0,60H^2O$. Aux températures comprises entre 400 et 540°, la composition limite est également la même, voisine de $0,33H^2O$.

Le système est divariant si l'eau est de l'eau d'adsorption. La constance de la composition limite dans des intervalles de température assez étendus est en déasccord avec cette divariance, de sorte qu'on peut admettre

comme probable l'existence des hydrates Nb^2O^5, 2/3 H^2O, 1/3 H^2O et peut-être 1 H^2O.

En vue d'apporter quelques éclaircissements sur l'individualité chimique de ces systèmes, on a chauffé isothermiquement l'acide précipité pendant 1 heure, en présence d'un déshydratant P^2O^5, à des températures progressivement croissantes. L'examen de la courbe représentant le poids de l'acide après chaque chauffe, en fonction de la température, donne l'espoir de déceler la formation de ces hydrates soit par des paliers, soit par des points d'inflexion.

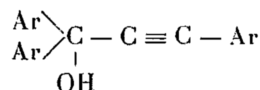
L'hydrate Nb^2O^5 1/3 H^2O s'est manifesté nettement sur ces courbes; il semble exister aussi l'hydrate 2/3 H^2O, quoique ce dernier soit beaucoup moins caractérisé.

Au cours de la déshydratation, l'acide niobique modifie sa teinte, il prend une teinte marron très clair ou grise à des températures variables suivant les conditions; au delà, pour les compositions voisines de 0,25 H^2O et au-dessous, la matière devient jaune citron très clair à chaud, blanche à froid.

Au cours de ce travail MM. Huttig et Köning (¹) ont publié une étude sur la déshydratation de l'acide niobique. D'après eux il n'existerait aucun hydrate bien défini; cependant leur courbe paraît bien mettre en évidence un hydrate qui serait sans doute le 0,33 H^2O.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les diarylaryléthinylcarbinols : le phénylparatolylphényléthinylcarbinol*, $C^{22}H^{18}O$ *et le phénylparabromophényléthinylcarbinol*, $C^{21}H^{15}OBr$. Note (²) de M. **Maurice Loury**, présentée par M. Delépine.

Les carbinols arylés acétyléniques du type



ont attiré l'attention des chimistes, ces dernières années, pour les trois motifs principaux suivants :

1° Leurs structures s'apparentent à celle des carbinols générateurs de radicaux libres.

(¹) *Zeit. an. Chem.*, **193**, 1930, p. 93.

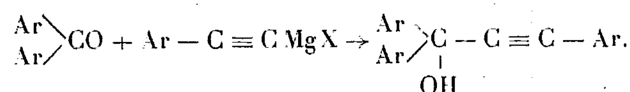
(²) Séance du 9 mai 1932.

2° Leurs éthers chlorhydriques donnent naissance aux rubrènes ([1]).

3° Ils s'isomérisent aisément en cétones éthyléniques ([2]).

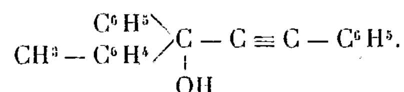
Je me suis attaché à améliorer la technique de production de ces corps en vue d'en obtenir certains qui avaient résisté jusqu'ici aux tentatives de préparation à l'état pur.

Le procédé le plus couramment usité consiste à condenser un dérivé magnésien acétylénique avec une diarylcétone



Le carbinol ainsi formé se présente parfois sous l'aspect d'une huile, plus ou moins fortement colorée, de grande viscosité, très soluble dans la plupart des solvants organiques, sauf les ligroïnes, peu apte à prendre la forme cristalline. Or, ce produit brut, liquide non purifiable, ne convient pas habituellement à la préparation des rubrènes ([3]) : il est donc très important d'obtenir le carbinol à l'état cristallisé.

On a remarqué que les carbinols les moins enclins à prendre la forme cristalline sont ceux qui proviennent des diarylcétones dissymétriques : $Ar^1 — CO — Ar^2$. C'est ce qui s'est produit pendant longtemps pour le phényl-*p*-tolylphényléthinylcarbinol ([3]), ([4]) :



J'ai réussi à faire cristalliser ce corps et par suite à l'obtenir pur. La technique consiste essentiellement à préparer à l'état cristallisé le dérivé magnésien formé par la réaction de condensation. Il est souvent nécessaire, dans ce but, d'utiliser des amorces cristallines de dérivé magnésien provenant d'opérations antérieures où la cristallisation s'est produite spontanément et qui doivent être conservées en tubes scellés sous vide. Par les traitements habituels, on obtient une huile qui manifeste une grande

([1]) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et P. M. Dean, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1440.

([2]) K. Meyer et K. Schuster, *Ber. d. chem. Ges.*, **55**, 1922, p. 819; Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et C. Mackall, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **33**, 1923, p. 934; Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et Blatt, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **35**, 1924, p. 1412; J. Robin, *Ann. Chim.*, 10e série, **16**, 1931, p. 481.

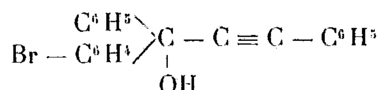
([3]) A. Willemart, *Ann. Chim.*, 10e série, **12**, 1929, p. 378.

([4]) Voir en particulier M. Badoche, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **43**, 1928, p. 337.

paresse à cristalliser, même après amorçage. Cette particularité impose certaines précautions pour la purification, car, en présence de solvant, le corps a tendance à se précipiter en phase liquide, ce qui annule presque totalement l'effet du passage en solution.

On traite l'huile au bain-marie par une quantité de ligroïne (P. E. 75-95°) telle, qu'après retour à la température ordinaire, il n'y ait aucune séparation de liquide. On amorce alors la solution et on la refroidit assez lentement pour qu'à aucun moment n'apparaisse le trouble caractéristique d'une précipitation huileuse. On termine par un séjour de 48 heures à la glacière. Il se produit au bout de ce temps un dépôt abondant de cristaux blancs que l'on essore, lave à l'éther de pétrole, et purifie par de nouvelles cristallisations conduites de la même manière. Les liqueurs mères concentrées donnent une deuxième et même une troisième récolte de cristaux. Le rendement atteint 60 pour 100 du chiffre théorique.

L'analyse et les propriétés du corps montrent qu'on est bien en présence du phényl-*p*-tolylphényléthinylcarbinol qui présente un point de fusion de 55-56°. La même technique, appliquée au produit de la condensation de la *p*-bromobenzophénone avec le bromure de phényléthinylmagnésium, permet d'obtenir à l'état cristallisé le phényl-*p*-bromophénylphényléthinylcarbinol :



avec un rendement de 85 pour 100 du chiffre théorique.

Ce carbinol se présente sous l'aspect de cristaux blancs qui, lavés à l'éther de pétrole et purifiés par cristallisations dans la ligroïne, fondent à 110-111°.

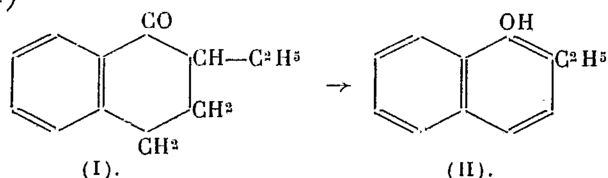
CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation d'un nouvel éthylnaphtol.* Note de M. **Georges Lévy**, présentée par M. Delépine.

Dans une Note précédente nous avons indiqué, M. G. Darzens et moi, une nouvelle méthode de préparation des naphtols à partir des tétralones correspondantes [1]. Poursuivant mes recherches sur les dérivés des éthylnaphtalines [2], j'ai appliqué cette méthode à la synthèse d'un éthylnaphtol

---

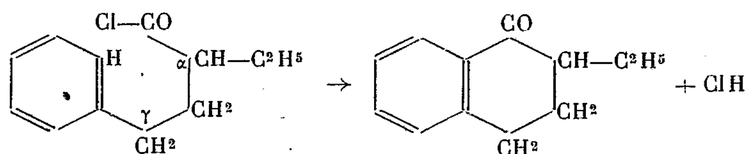
[1] G. Darzens et G. Lévy, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 181.
[2] G. Lévy, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1397, et 193, 1931, p. 174.

non encore connu de formule (II) qui a été obtenu à partir de la tétralone de formule (I)

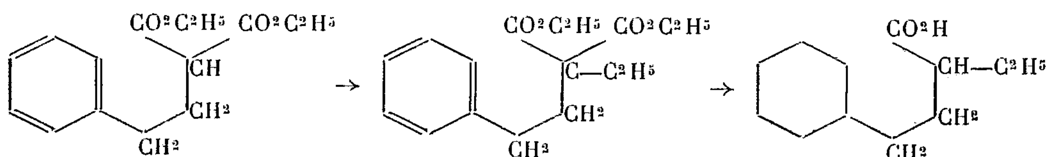


On n'avait décrit jusqu'à présent qu'un éthylnaphtol fondant à 98°, obtenu par Marchetti, par fusion alcaline d'un dérivé sulfoné de la β-éthylnaphtaline (¹). Toutefois, la constitution de ce dérivé n'a pas été précisée.

La tétralone (I) a été obtenue par cyclisation, sous l'action du chlorure d'aluminium, du chlorure de l'acide α-éthyl-γ-phénylbutyrique suivant la réaction classique

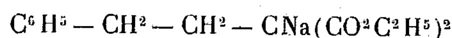


Quant à l'acide α-éthyl-γ-phénylbutyrique, il a été préparé par synthèse malonique au départ de l'éther β-(phényléthyl)-malonique qui a été successivement éthylé, saponifié, puis décomposé par perte de CO^2 suivant le schéma



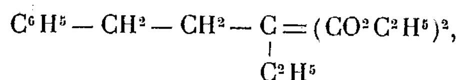
L'ensemble de ces réactions a été réalisé de la manière suivante :

1° Sur une molécule de β-(phényléthyl)-malonate d'éthyle sodé



$$C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - CNa(CO^2C^2H^5)^2$$

on fait réagir un excès de bromure d'éthyle ; on obtient l'éther éthyl-β-(phényléthyl)-malonique



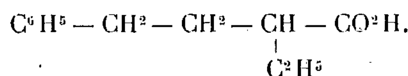
$$C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - \underset{\displaystyle C^2H^5}{\underset{|}{C}} = (CO^2C^2H^5)^2,$$

qui bout à 151° sous 2^{mm}. Le rendement est de 85 pour 100.

(¹) MARCHETTI, *Gazetta chimica italiana*, 11, 1881, p. 442.

2° En le saponifiant par la potasse en solution hydro-alcoolique, on obtient facilement l'acide malonique correspondant qui fond à 129° (après cristallisation dans la benzine, puis dans l'acide acétique).

Cet acide se décompose à partir de 160°, rapidement à 180°, et donne l'acide α-éthyl-γ-phénylbutyrique



Le rendement est théorique.

L'acide α-éthyl-γ-phénylbutyrique bout à 180° sous 16mm; c'est un liquide huileux, qu'on peut caractériser par son amide cristallisée en fines aiguilles fondant à 104°.

Traité par le chlorure de thionyle, il donne le chlorure d'acide bouillant à 142° sous 15mm.

3° Une molécule de ce chlorure diluée dans 400g d'essence de pétrole hydrogénée est versée sur 133g,5 de chlorure d'aluminium anhydre recouvert d'essence de pétrole. La réaction est vive et accompagnée d'un violent dégagement de ClH.

Le complexe avec Cl^3Al se liquéfie; on reprend par l'eau glacée, la solution dans l'essence est lavée puis évaporée.

On obtient l'éthyltétralone I, liquide d'odeur agréable, bouillant à 145° sous 15mm. La semi-carbazone cristallisée dans l'alcool méthylique fond à 207°,5 (corrigé).

4° Cette tétralone, traitée par le sélénium pendant 10 heures à 330° (température du bain), suivant la technique indiquée dans la Note déjà mentionnée, nous a donné le naphtol cherché.

Après cristallisation dans l'alcool, on l'obtient en fines aiguilles blanches fondant à 68-68°,5. Son picrate rouge brique fond à 118°,5.

La constitution de ce nouvel éthylnaphtol est fixée sans aucun doute par la méthode de synthèse employée; par suite, on peut affirmer que celle de l'éthylnaphtol préparé par Marchetti est différente.

Nous continuons d'ailleurs l'étude des éthylnaphtols isomères.

LITHOLOGIE. — *Les gabbro-diabases à hortonolite de la formation trappéenne de Sibérie*. Note (¹) de M. **F. Loewinson-Lessing.**

Les roches éruptives basiques, connues sous le nom de « trapp sibérien » (voir la carte géologique de la Sibérie), affleurent sur une superficie énorme d'un million et demi de kilomètres carrés entre le Jenissej et la Léna, depuis la mer Polaire jusqu'au delà du chemin de fer de Sibérie. Ce sont tantôt des nappes intrusives, des sills, tantôt des épanchements en masse, souvent accompagnés de tufs, mais sans vestiges de volcans propre-

(¹) Séance du 25 avril 1932.

ment dits. J'ai eu l'occasion de visiter, pendant l'été 1931, les affleurements de ces roches trappéennes dans la région des rapides de l'Angara et, avec M. A. Ginsberg et M. Dilaktorsky, ceux des alentours de Touloun, Nijné-Oudinsk et Oukovskoje attenant au chemin de fer de la Sibérie. Ici comme là ce sont exclusivement des nappes intrusives, le faciès effusif y fait défaut. Aux points de vue de leur composition minéralogique et chimique les roches que nous avons pu étudier et qui se répètent, paraît-il, sur une grande étendue, présentent un type nouveau, qui mérite une attention spéciale.

La structure est généralement ophitique, les minéraux constituants sont le labrador, un pyroxène augitique, le péridot et la titano-magnétite; la teneur en silice est environ 48 pour 100 et dans un cas exceptionnel 51 pour 100. En somme, ce sont, d'après ma terminologie, des gabbro-diabases ou, selon M. A. Lacroix, des gabbros ophitiques de grain moyen, mais des gabbro-diabases particuliers. La structure ophitique présente plusieurs variétés; outre le type ophitique normal, banal, on distingue une variété pœcilo-ophitique, une autre ophitique intersertale, une variété taxitique extrêmement intéressante, où l'on observe dans la même plaque mince une alternance de parties franchement ophitiques, composées de pyroxène et de feldspaths, et de parties grenues, composées de feldspaths et de péridot. Le feldspath est un plagioclase de la série du labrador, avec environ 70 pour 100 d'anorthite dans certains cas et environ 55 pour 100 dans d'autres. Le pyroxène, qui a été étudié en détail par M. Dilaktorsky, rentre dans le type pigeonite. Le péridot est surtout intéressant, parce que ce n'est pas de l'olivine; la couleur jaune verdâtre, en plaques minces, faisant soupçonner que c'est de la hortonolite (ou peut-être une hyalosidérite très ferrugineuse), M. Dilaktorsky a étudié ce péridot et obtenu les constantes que voici : $2V = -74$ à 72 (autour de n_p); $N_m = 1.769 \pm 0{,}005$; $n_g - n_p = 0{,}36$.

L'analyse chimique, faite par Mlle Stoukalova, a donné (y compris une quantité minime de CaO) :

$$Fe^2SiO^4 : Mg^2SiO^4 = 55 \text{ pour } 100 : 45 \text{ pour } 100.$$

Ce péridot est donc réellement une hortonolite et nous pouvons appeler nos roches *gabbrodiabases à hortonolite*.

Certaines particularités de la composition chimique confirment l'originalité de ce type de gabbro-diabase, d'aspect uniforme sur une grande étendue. Voici la composition chimique et les paramètres magmatiques de

plusieurs échantillons provenant de localités très éloignées les unes des autres :

	1.	2.	3.	4.
SiO^2	48,12	47,78	48,76	48,70
TiO^2	1,79	1,67	2,00	2,02
Al^2O^3	14,26	16,35	15,12	15,25
Fe^2O^3	1,01	1,50	1,47	3,10
Cr^2O^3	0,02	–	–	–
FeO	12,61	11,29	12,24	10,70
MnO	–	0,22	0,08	0,09
MgO	7,75	6,93	5,22	4,70
CaO	9,68	9,79	10,14	10,32
Na^2O	2,27	2,37	2,36	2,60
K^2O	0,62	0,64	0,72	0,74
H^2O	–	–	0,70	0,54
Perte p. calc	1,78	1,61	1,27	1,36
P^2O^5	–	–	0,21	0,25
	99,91	100,15	100,29	100,37
$\overline{RO}$: SiO^2	4 : 5,49	3,28 : 4,69	3,3 : 5,1	2,93 : 4,80
R^2O : RO	1 : 12	1 : 10	1 : 10	1 : 9,3
α (coefficient d'acidité)	1,56	1,49	1,61	1,61

1. Nijne-Oudinsk, mont Vosnesenskaïa (n° 16).
2. Cataracte de l'Ouk, non loin de l'embouchure (n° 24).
3. Rapide de Padounsk sur l'Angara (n° 48).
4. Village Pouchkino sur l'Ouda, au sud du chemin de fer (n° 94).

Les analyses 1 et 2 ont été faites par M. Egoroff, 3 et 4 par Mlle Moleva.

La teneur en silice rapproche ces roches du type moyen de gabbro, le coefficient d'acidité ($\alpha = 1,59$), du type de basalte ($\alpha = 1,6$). La teneur en FeO (10,79-17,80 pour 100) plaide en faveur du type de basalte des plateaux selon Washington, mais est même plus élevée que dans celui-ci (nos trapps, 12 pour 100 en moyenne; les basaltes, 6,3 pour 100; les basaltes du plateau de Dekkan, 10,3 pour 100), la teneur en monoxydes ($\overline{RO}$) et spécialement en FeO leur assigne une place à part.

En résumé, ces gabbro-diabases à hortonolite, qui ne manifestent aucune différenciation, doivent être considérées comme des basaltes des plateaux intrusifs, c'est-à-dire comme le faciès intrusif du magma basaltique non modifié, tandis que les gabbros ordinaires s'en éloignent plus ou moins.

GÉOLOGIE. — *Observations géologiques en Asie Mineure : Le Trias de la région d'Angora*. Note de M. **E. Chaput**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le massif de l'Elma Dagh, au Sud-Est d'Angora, comprend, outre les terrains paléozoïques dont il a été question dans une Note antérieure ([1]), des calcaires ordinairement gris ou bleutés, plus ou moins foncés, fortement recristallisés et passant alors à des marbres. Au cours d'explorations récentes, j'ai reconnu d'abord ([2]) que ces calcaires étaient discordants sur leur soubassement et qu'ils affleuraient suivant des bandes synclinales, laminées, dirigées sommairement vers le Nord-Est; j'ai admis qu'ils étaient mésozoïques, le soubassement étant supposé paléozoïque. Plus récemment ces attributions ont été précisées; l'âge permien d'une partie au moins du soubassement a été reconnu ([3]); en outre les calcaires-marbres discordants ont fourni, en quelques points, des fossiles triasiques :

1° A 3-4^{km} au Nord-Est d'Angora, un lambeau isolé de calcaires très recristallisés, reposant sur un soubassement de schistes et de grès, renferme, dans les parties les mieux conservées, un certain nombre de Gastropodes. Ce sont, d'après les déterminations de Mme E. Chaput :

Omphaloptycha angulata Stopp., *Omphaloptycha Escheri* Hoernes, *Omphaloptycha turris* Stopp. var. *antizonata*, *Undularia* (*Toxoconcha*) *telescopia* (Böhm) Kittl, *Undularia* (*Toxoconcha*) *Brocchii* Stopp., *Undularia* (*Orthostomia*) cf. *Ambrosinii* Stopp., *Cœlochrysalis Lepsii* Böhm, *Spirochrysalis* cf. *nympha* Münster var. *pyramidalis*, *Trypanostylus* cf. *Konincki* Münster, *Eustylus aequalis* Böhm, *Trachybembix* sp., *Omphaloptycha* [*Cœlostylina* (*Gradiella*)] cf. *fedaïna* Kittl, *Worthenia* sp.

Cette faune, où les Cœlostylinidés jouent un rôle prépondérant, est tout à fait comparable à celle du Trias moyen de Lombardie (Ladinien d'Esino, de la Marmolata). En outre les calcaires d'Angora renferment des Algues; Mlle Pfender y a reconnu *Macroporella dinarica* Von Pia, espèce trouvée d'abord dans le Trias moyen de Dalmatie.

2° A 10-12^{km} à l'Est-Sud-Est d'Angora, sur le versant de la vallée de

---

([1]) E. Chaput, *Observations géologiques en Asie Mineure : Les terrains à Fusulinidés* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1592).

([2]) E. Chaput, *Carte géologique de la région d'Angora au 1/135000e avec légende, Université de Stamboul* 1930-1931. *Esquisse de l'évolution tectonique de la Turquie, Université de Stamboul*, 1931.

([3]) Voir la Note citée ci-dessus.

Kayash, on observe, sur une centaine de mètres d'épaisseur, la succession suivante :

a. A la base, des calcaires broyés, reposant sur des schistes assez cristallins également broyés; ces calcaires contiennent de petits nodules, analogues, d'après Mlle Pfender, à *Sphærocodium Bornemanni* Rothpletz et aux « *Evinospongia* » de Stoppani, formes assez répandues dans le Trias des Alpes Orientales, surtout en Lombardie.

b. Plus haut, des roches verdâtres ou bleutées, que M. Albert Michel-Lévy a déterminées comme tufs volcaniques broyés; on y trouve des projections volcaniques fines et des fragments basaltiques réunis par un ciment calcaire.

c. Plus haut encore, des calcaires gréseux renferment des lits interstratifiés de débris volcaniques que M. Michel-Lévy a reconnus comme identiques aux précédents. Les calcaires de cette assise sont semblables à ceux de la base de la série, mais ils sont très recristallisés et ne paraissent pas fossilifères.

Il est probable que toute la série précédente est triasique, les tufs éruptifs de Kayash étant alors sensiblement contemporains des laves et tufs balsatiques du Trias moyen du Tyrol méridional.

Les indications précédentes montrent l'importance du Trias dans l'Anatolie Centrale, où il était inconnu jusqu'ici. Une partie des calcaires et des marbres qui affleurent fréquemment dans les chaînes séparant les bassins néogènes anatoliens doit sans doute être triasique. On peut insister aussi sur le caractère littoral (faciès à Algues calcaires, avec nombreux Gastropodes) et en grande partie volcanique du Trias d'Angora; quelques gisements de calcaires à Diplopores signalés dans l'Ouest de l'Asie Mineure permettraient peut-être de relier le Trias de l'Anatolie Centrale à celui de la Grèce moyenne.

Dans le Nord-Ouest de l'Anatolie (golfe d'Ismidt), le Trias comprend des faciès assez différents de ceux de la région d'Angora, en particulier des faciès pélagiques à nombreux Céphalopodes. Le Trias asiatique à l'Est de l'Anatolie semble aussi assez différent du Trias d'Angora; on y connaît des faciès pélagiques à Céphalopodes, aussi bien dans l'aile Nord que dans l'aile Sud des plissements alpins.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la présence de Lépidocyclines dans l'Éocène, et sur leurs rapports avec les Lépidorbitoïdes.* Note ([1]) de Mlle **Elisabeth David**, présentée par M. H. Douvillé.

On a découvert dans l'isthme de Panama de toutes petites Lépidocyclines éocènes; M. H. Douvillé a bien voulu m'en communiquer des échantillons envoyés à la collection de l'École des Mines par M. Hans, E. Thalmann, et dont la provenance est ainsi indiquée : Gevaerts, 13408 et 13410 El Sopo, Tab. On peut y distinguer deux sortes d'individus : les uns tout petits, inermes, de 1mm de diamètre environ, les autres atteignant 2mm,5 présentent quelques piliers polygonaux aux points de rencontre des cloisons des chambres latérales. Ils appartiennent tous deux à l'espèce *Isolepidina Canellei*, Lem. et Douv., qui a déjà été signalée, entre autres points, dans les gisements éocènes de Bohio, de Culebra, et de l'île de la Trinité. Ce serait la plus primitive des Lépidocyclines, et les échantillons que j'ai étudiés présentent bien la variabilité de caractères des espèces qui ne sont pas encore fixées.

M. H. Douvillé a émis autrefois ([2]) l'opinion que, par un retour à des caractères anciens, les Lépidocyclines étaient nées des Orthophragmines, elles-mêmes dérivant des Lépidorbitoïdes crétacés. MM. Prever et Silvestri, au contraire ([3]), se basant sur les ressemblances qui existent entre les *Lepidorbitoïdes socialis* et les Lépidocyclines, admettent que la descendance est directe, ou même qu'il y a identité entre ces deux genres. Cette hypothèse serait appuyée, jusqu'à un certain point, par la présence de Lépidocyclines dans l'Éocène. Mais, si l'on considère attentivement les Lépidorbitoïdes, on voit qu'ils présentent des caractères tout à fait différents des Lépidocyclines, et même de tous les autres Orbitoïdes ; la comparaison avec *I. Canellei* ne fait en réalité ressortir aucun caractère de parenté nouveau.

M. Prever observe que le passage de la maille arrondie à la maille hexagonale est insensible, et c'est exact : la gouttelette de protoplasme qui lui a donné naissance est arrondie dans les deux cas (*fig.* 1*a* et 2*a*); mais, ce qui

([1]) Séance du 9 mai 1932.

([2]) *Comptes rendus*, 161, 1915, p. 724.

([3]) Prever, *Riv. It. Paleont.*, 10, 1904, p. 120; Silvestri, *Atti del Pont. Acc. Rom. Nuov. Linc.*, 59, 1906, p. 161.

est beaucoup plus important, dans les Orbitoïdes, la continuité du protoplasme à travers la coquille est assurée par des pores, sauf dans le plan équatorial où chaque logette est percée, à droite et à gauche, de deux rangées de perforations, tandis que dans les Lépidorbitoïdes, on ne trouve pas ces perforations, mais seulement des pores, dans la paroi des logettes, comme dans leur toit.

Il est vrai aussi que l'embryon de *L. socialis* pourrait être considéré comme réniforme, disposition qui rappelle celle de deux sous-genres de Lépidocyclines (*fig.* 3); mais ce ne sont pas les sous-genres les plus primitifs, et *L. Canellei* a typiquement un embryon du type iso (*fig.* 2*b*). De

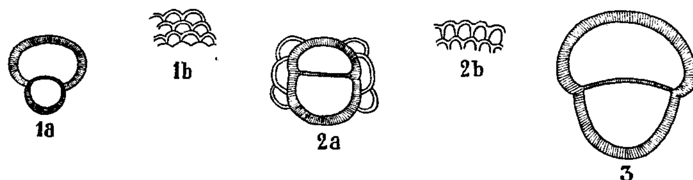


Fig. 1. — *Lepidorbitoides socialis* : *a*, logettes; *b*, embryon. Fig. 2. — *Isclepidina Canellei* *a*, logettes; *b*, embryon. Fig. 3. — Embryon réniforme des Amphilepidines et des Nephrolepidines. Toutes ces figures sont grossies environ 30 fois.

plus, dans toutes les Lépidocyclines, comme dans les Orbitoïdes s. s. on voit qu'il y a eu un début de caryocinèse (¹) et que la nucléoconque est divisée par des cloisons minces en deux ou plusieurs *cellules*. L'animal est donc un vrai Métazoaire. *L. socialis* au contraire, présente une nucléoconque monocellulaire formée de deux loges bien distinctes, mais successives; il ne paraît pas y avoir eu de division du noyau (*fig.* 1*b*). Cette même disposition se retrouve dans l'embryon des Orthophragmines, et c'est de ce dernier genre seulement qu'on peut rapprocher les Lépidorbitoïdes, bien que la différence dans le mode de communication des logettes reste capital.

Mais on ne peut les relier aux Lépidocyclines : toutes les ressemblances qui ont été invoquées entre ces deux genres portent en effet sur la forme générale de la coquille, or celle-ci dépend surtout des conditions de vie, et l'on voit des Foraminifères, aussi différents du groupe qui nous occupe que les Orbitolites, avoir des logettes arrondies et changer leur accroissement spiral en un accroissement annulaire, suivant ainsi une évolution comparable à celle des Orbitoïdes. C'est au contraire sur la structure du test et son mode initial de développement qu'il faut établir des liens de parenté,

(¹) H. Douvillé, *Comptes rendus*, 161, 1915, p. 665.

car ils sont propres à l'animal; leur comparaison doit faire considérer les Lépidorbitoïdes et les Lépidocyclines comme deux groupes bien distincts et leurs ressemblances comme dues à un simple phénomène de convergence sous l'action de deux habitats comparables.

PHYSIOLOGIE. — *Loi de la sécrétion rénale.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

1. *Principe.* — La sécrétion des reins est, d'abord, produite par le travail des glomérules, tout comme la sécrétion sudorale. L'essence de ce travail est une *distillation d'eau* par accroissement de chaleur interne, et les reins assurent une fonction de défense. Ici, organes mésodermiques, ils éliminent les déchets toxiques (*urée*) du métabolisme. Là, par sueur (S) et transpiration pulmonaire (P), la *fonction hydrothermique* protège le système nerveux, et les organes nobles de l'ectoderme, contre « la chaleur inutile » dont elle dissipe les deux tiers [1].

2. *Expériences.* — 1° Sujet adulte de 72^{kg}, alimenté de façon invariable. Nous publierons ailleurs la courbe de sa sécrétion rénale et les influences qui la modifient. Retenons seulement que de 3^h à $4^h15'$ de l'après-midi, c'est-à-dire en 75 *minutes*, il fournit 84^{cm^3} *d'urine en moyenne*, et dans une salle à 19°, l'homme observant le repos.

Exposons-le à la chaleur d'un radiateur électrique pendant 15 minutes; dans les mêmes conditions, un ballon d'eau de 1 litre offrant une surface de 81^{cm^2} reçoit 7,50 calories. On exposait la région lombaire sur 400^{cm^2}, et on lui donnait ainsi : $400/81 \times 7,5 = 37$ calories.

L'urine recueillie en 75 minutes (de 3^h à 4^h15^m) subit une diminution de 23^{cm^3}. Dans notre hypothèse de la distillation, c'est une économie de

$$23 \times 0,592 = 13^{cal},60,$$

en prenant $0^{cal},592$ pour chaleur de vaporisation.

Donc, la sécrétion de l'urine dépense

$$\frac{13,60}{37} = 36,7 \text{ pour 100 de la chaleur métabolisée.}$$

2° Dans une autre expérience, on donne 50^{cal} en 20 minutes, et l'on

---

[1] Voir Jules Amar, *Sur le coefficient hydrothermique* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 484 et 1382).

recueille 52^{cm^3} d'urine, soit une économie de 32^{cm^3} ou

$$32 \times 0,592 = 18^{cal},94.$$

Le rapport est ici de

$$\frac{18,94}{50} = 37,88 \text{ pour } 100.$$

Nous mentionnerons aussi les expériences américaines où l'on a, plus exactement que dans les nôtres :

Au repos :

$$Q = 2397^{cal}, \quad P = 1422^{g} \text{ (poids des urines)}.$$

Ce qui conduit à

$$\frac{1422}{1,02} \times 0,592 = 825,3^{cal},$$

1,02 étant la densité du liquide. Le rapport, que nous désignerons du nom de *coefficient urothermique* U, sera

$$\frac{825,3}{2397} = 34,4 \text{ pour } 100.$$

Au travail :

$$Q' = 5176^{cal}, \quad \mathcal{T} = 604^{cal}, \quad P = 2402^{g}.$$

Le calcul donne

$$U' = \frac{2355 \times 0,592}{5176 - 604} = 30,4 \text{ pour } 100,$$

en déduisant de Q' l'énergie de travail $\mathcal{T}$ ou 604^{cal} (1).

3. *Le coefficient urothermique.* — La moyenne des résultats assigne la valeur 33 pour 100 ou *un tiers* de la chaleur disponible au coefficient urothermique U. Le glomérule de Malpighi vaporise l'eau prise au sang des capillaires en dépensant une quantité de chaleur qui se retrouvera dans la condensation à travers les tubes urinifères. *Son rôle est aquipare,* réalisant une *sudation interne* à composition constante; tandis que les tubes ont un rôle glandulaire et osmotique qui rend si variable la composition des urines et leur quantité (*diurèse*).

Le minimum de sécrétion rénale a lieu au repos et à la neutralité thermique, quand on a $Q = 1200^{cal}$ environ; d'où : $U = 400^{cal}$ ou 675^{g} par jour.

4. *Conséquences et formules.* — Rapprochons le coefficient urothermique du coefficient hydrothermique P + S, afin d'en déduire quelques enseignements. On sait que $P + S = 2/3(Q - R)$ et $U = 1/3Q$, ceci au repos.

(1) Voir notre *Moteur humain*, p. 216 et 223. On a divisé 2402 par 1,02 pour avoir 2355^{cm^3}.

L'eau totale éliminée sera

$$E = P + S + U = (Q - R) + 1/3 R.$$

Cette relation montre que, si la température vient à changer, le terme $(Q - R)$ demeure invariable (*loi des surfaces*), alors que le second terme change. Par le froid, notamment, R augmente, et c'est la sécrétion urinaire qui s'élève. Comme nous l'avons établi, le froid diminue la sudation en augmentant la transpiration pulmonaire $(P = 1/9\ Q)$, et l'accroissement des échanges qu'il produit entraîne celui de la sécrétion rénale.

En faisant seulement la somme $U + S$, on trouve

$$U + S = (Q - R) + 1/3 R - 1/9 Q = 8/9 (Q - R) + 2/9 R.$$

Il est clair que cette somme varie avec la température, suivant le terme R, et qu'il n'existe pas de « balancement » réno-cutané, comme on l'affirme depuis Claude Bernard, sans preuves sérieuses. La compensation a lieu uniquement entre peau et poumons, d'où la *polypnée* de Richet. Mais le taux des urines se règle sur l'énergie des oxydations, après déduction du travail $\mathfrak{T}$ s'il y en a. De la sorte on comprend l'influence de ce travail, de l'âge, du milieu ambiant, de la digestion, des « diurétiques » et d'un certain nombre de maladies. On y reviendra.

Le « balancement » n'existe pas, non plus, dans le cas de travail musculaire, lequel élève la sudation et la sécrétion rénale. On a

$$S' + U' = Q' - R - \mathfrak{T} + 1/3 R - 1/9 Q' \quad \text{ou} \quad 8/9 (Q' - R) - \mathfrak{T} + 2/9 R.$$

comportant les enseignements précédents.

PHYSIOLOGIE. — *Efficacité comparée des ondes cunéiformes de seconde espèce et des décharges de condensateurs, à intensité initiale égale.* Note de MM. **Philippe Fabre** et **Pierre F. Quesnoy**, présentée par M. d'Arsonval.

Les ondes cunéiformes de seconde espèce sont constituées par un courant brusquement admis dans un nerf et qui, dès cette admission, décroît linéairement avec le temps. L'un de nous a décrit un montage à condensateur et kenotron capable de les engendrer régulièrement [1].

[1] Ph. Fabre, *C. R. Soc. Biol.*, 104, 1930, p. 1298.

La décharge s'opère en faisant basculer un brûleur à ultraviolet, qui fonctionne ici comme clef à contact de mercure dans le vide.

La résistance en série avec le nerf est du type à dépôt cathodique dans le vide : 382000 ohms.

L'intensité du courant traversant le nerf est réglée par une résistance r en dérivation entre les électrodes excitatrices (boîtes à 3 décades à très faible self et capacité répartie).

Les expériences ont porté sur le sciatique gastrocnémien de la grenouille. Elles ont été renouvelées un très grand nombre de fois en raison du caractère inattendu des résultats.

La comparaison des ondes cunéiformes et des ondes exponentielles (décharge de condensateurs) est rendue rapide par le jeu d'un inverseur, la même clef, les mêmes résistances, les mêmes batteries de charge (480 volts) restant en service.

1° Nous avons d'abord recherché s'il existe un rapport constant entre la durée T de l'onde cunéiforme et la constante de temps t de la décharge de condensateur, réalisant l'une et l'autre la même excitation liminaire, à partir de la même intensité initiale.

L'expérience nous a montré que T/t dépend essentiellement de la brièveté plus ou moins grande des décharges.

Nous avons sur chaque nerf éprouvé successivement les décharges de neuf condensateurs étalonnés C; de capacités graduellement croissantes. Pour chacun d'eux la résistance série restait constante (382000 ohms), invariable aussi le voltage de charge ($V = 480$ volts).

Nous ajustions chaque fois la résistance de dérivation r à la valeur (centaine d'ohms) rendant liminaire l'excitation due à la décharge du condensateur actuel C. Sans modifier désormais r, nous passions à l'excitation par ondes cunéiformes : décharge d'un condensateur D dans un kenotron. L'identité des résistances et du voltage de charge assurait bien aux intensités initiales la même valeur.

La pente de l'onde cunéiforme, capable de reproduire le seuil de l'excitation, était cherchée en agissant seulement sur l'intensité I du courant de saturation dans le kenotron.

La durée T de l'onde cunéiforme s'obtient alors par la formule

$$T = \frac{D \times V}{I}.$$

Le tableau suivant donne la valeur des rapports T/t pour la série des condensateurs étalonnés C (en microfarads) :

C....	567	—1068	—1260	—1480	—2000	—2367	—3068	—4000	—7000
T/t...	1,84	—1,7	—1,65	—1,61	—1,52	—1,45	—1,36	—1,27	—1,15

Si l'on porte C en abscisses, T/t en ordonnées, les points figuratifs s'alignent régulièrement sur une courbe asymptote à un axe horizontal d'ordonnée égale à l'unité. Elle s'élève quand C diminue; extrapolée vers les petites valeurs de C, elle rencontre l'axe des ordonnées au point de cote 2. La courbe tourne sa concavité vers le haut et ressemble à un arc d'exponentielle.

2° Pour substituer, dans la pratique courante des recherches de chronaxie, la méthode actuelle à celle des décharges de condensateurs, il convient de savoir quelle est la valeur particulière de T/t, lorsque t représente précisément la constante de temps qui donne la chronaxie usuelle θ ($\theta = 0,37 \times t$).

Le montage précédent peut convenir à condition qu'on dispose d'une capacité variable C assez faible (2/1000 μf) à cadran très exactement étalonné.

Nous avons préféré mesurer les durées chronaxiques T et t, avec des résistances différentes, un inverseur permettant le passage rapide d'un montage à l'autre.

La constante de temps par décharge de condensateurs (boîte à 3 décades) était obtenue au moyen du montage de Lapicque, du type à deux ruptures de circuits.

Les résistances (série et dérivation) à dépôt cathodique assuraient à l'ensemble une valeur de 14286 ohms. La capacité chronaxique trouvée fut de 46/1000e de microfarad. D'où, pour t,

$$t = 6,57 \cdot 10^{-4} \text{ sec.}$$

La durée de l'onde cunéiforme donnant le seuil après doublage du voltage rhéobasique (ici 2×200 volts) était recherchée avec le montage plus haut décrit (1°). Elle fut trouvée

$$T = 10,6 \cdot 10^{-4} \text{ sec.}$$

On en conclut

$$\frac{T}{t} = \frac{10,6}{6,57} = 1,6.$$

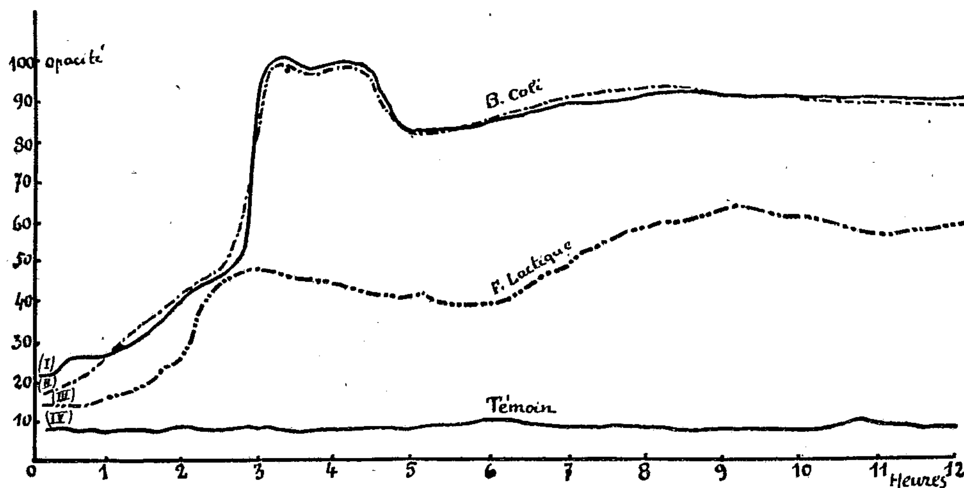
Cette valeur est exacte, à quelques centièmes près, comme il résulte de nombreuses déterminations identiques.

Il nous restera à montrer les conséquences assez imprévues des résultats numériques actuels, concernant la durée d'efficacité des décharges de condensateurs et, par suite aussi, les théories de l'excitabilité dans le temps.

BACTÉRIOLOGIE. — *Une nouvelle méthode d'étude de la multiplication microbienne.* Note de M. **Michel Faguet**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une précédente Note, une nouvelle méthode d'étude de la multiplication microbienne a été décrite ([1]) au sujet du développement d'une culture de *B. coli*.

Cette méthode a l'avantage de renseigner à chaque instant sur la crois-



sance du microbe considéré. Elle utilise les propriétés des cellules photoélectriques, chez lesquelles il existe un rapport sensiblement constant entre l'intensité lumineuse et le courant développé ([2]).

Le *B. coli*, microbe mobile, donnant des émulsions homogènes, a été d'abord utilisé. La courbe de multiplication microbienne qui a été déjà

([1]) Michel Faguet, *Contribution à l'étude de la multiplication microbienne* (B. coli) (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1027).

([2]) L'appareil utilisé est un *microbiophotomètre*.

donnée dans une précédente Note ([1]) a toujours été retrouvée en opérant dans les mêmes conditions. La figure ci-dessus montre qu'elles sont superposables (I et II).

On peut donc dire que :

Dans les mêmes conditions expérimentales, un microbe d'espèce déterminée donne toujours la même courbe de croissance.

D'autre part divers microbes ont été étudiés, notamment un ferment lactique dont la courbe est en pointillé sur la figure (III).

Les courbes obtenues diffèrent de celles obtenues avec le *Bacterium coli.*

Puisque d'autre part le même microbe donne la même courbe, il semble donc que l'on puisse affirmer que :

Chacune de ces courbes soit spécifique pour un microbe déterminé.

La courbe (IV), presque horizontale, représente l'inscription pendant 12 heures de l'intensité du courant de la cellule en utilisant un bouillon aseptique. L'étuve était réglée à 37°.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Essais de sérothérapie curative du typhus exanthématique par voie méningée.* Note de M. **Paul Durand**, présentée par M. Charles Nicolle.

Le sérum de convalescents de typhus, pleinement capable de prévenir l'infection chez l'homme ou l'animal (Ch. Nicolle et E. Conseil), se montre dépourvu d'activité notable quand on l'utilise, par voie sous-cutanée, même à fortes doses contre la maladie déclarée.

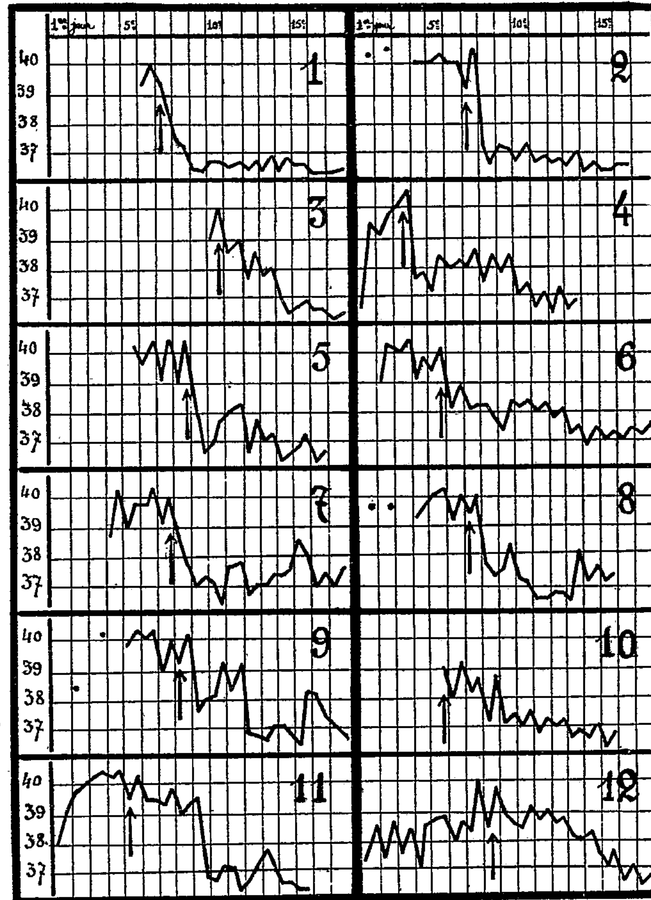
L'origine nerveuse de la plupart des symptômes du typhus, la constance et la prédominance des lésions microscopiques dans le cerveau de l'homme aussi bien que dans celui du cobaye, l'abondance du virus dans l'encéphale, justifiaient l'essai d'une sérothérapie par voie méningée.

Orticoni, employant par voie rachidienne le sérum de convalescents, recueilli de 6 à 12 jours après la fin de la fièvre, a obtenu une amélioration de l'état général de ses typhiques, sans modification nette de la durée de la maladie ni de la courbe thermique.

Sans avoir eu connaissance de ces travaux, nous avons appliqué une thérapeutique analogue sur 14 malades, utilisant des mélanges de sérums,

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1027.

recueillis du 10e au 24e jour de l'apyrexie. Chaque malade a reçu une seule dose de 20 à 25cm³ de sérum, après soustraction d'une quantité convenable de liquide céphalo-rachidien. Les résultats ont été les mêmes, que le sérum ait été chauffé ou non une demi-heure à 58°.



Faite deux fois *in extremis*, l'injection rachidienne n'a pu empêcher la mort imminente. Les courbes thermiques des douze autres malades sont reproduites ci-dessus, la flèche indiquant le moment de l'intervention.

1. Dans deux cas (courbes 1 et 2), la fièvre tombe en 24 à 36 heures après l'injection, pour ne plus se relever. Chez ces malades et ceux du groupe suivant, la sérothérapie est suivie d'un ensemble de phénomènes dont les uns (vomissements assez fréquents)

sont dus à la voie employée et dont les autres reproduisent, à une date anticipée, la crise qui marque habituellement la fin du typhus. L'état général s'aggrave pendant quelques heures, parfois aussi le délire et la fièvre; après quoi, apparaisent des signes heureux : cessation de l'insomnie pénible des typhiques, disparition de la céphalée, sueurs abondantes. Une débâcle urinaire se produit dans les quarante-huit heures au plus tard; elle est rarement précédée d'anurie transitoire. La constipation cesse; le malade ne conserve plus, en dehors d'une grande faiblesse, qu'une légère sensation de vertige.

L'herpès s'est montré assez souvent au début de cette crise.

2. Dans sept cas (courbes 3 à 9), la chute thermique, bien que très prononcée, n'a pas été définitive. La crise anticipée s'est produite, sensiblement aussi nette que dans les cas précédents, mais sans aboutir à la guérison immédiate. La maladie, décapitée de ses symptômes nerveux et réduite à une fébricule sans gravité, s'est prolongée quelque peu, parfois jusque vers le 15e jour, où un dernier soubresaut thermique a marqué le terme habituel du cycle typhique.

3. Enfin, dans les cas 10, 11 et 12, l'influence de la sérothérapie, pour être moins éclatante, paraît cependant s'être manifestée par la brièveté anormale de la maladie (10 et 11) ou par la bénignité des symptômes (12). La crise ne s'est pas produite immédiatement après l'injection sérique.

Ces observations mettent, à notre avis, hors de doute l'action curative du sérum de convalescents de typhus recueilli au moment convenable et employé par voie méningée. Les résultats rapportés ne pourront qu'être améliorés par la connaissance d'une posologie plus exacte et mieux adaptée aux exigences des divers cas. Les faibles quantités de sérum nécessaires rendent, par ailleurs, la méthode susceptibe d'être utilisée dans la pratique.

Il est permis d'espérer qu'une sérothérapie curative analogue sera efficace pour les autres maladies du groupe des fièvres exanthématiques, peut-être aussi pour d'autres infections générales dans lesquelles, habituellement ou par occasion, l'atteinte des centres nerveux est prédominante.

La séance est levée à 15h45m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1932 (*suite et fin*).

L'évolution. Problèmes aquatiques et montagnards, par J. Costantin. Extrait des *Annales des Sciences naturelles*. Séries *Botanique et Zoologie*, 1931; Xe série, Tome XIII. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. 25cm,5.

Robert Koch. Le cinquantième anniversaire de la découverte du bacille tuberculeux, par A. Calmette. Extrait du *Bulletin de l'Académie de Médecine*, séance du 8 mars 1932, Tome CVII, no 10. Paris. Masson et Cie, 1 fasc. 24cm.

Report on the Faraday Celebrations, 1931. In *Royal Institution of Great Britain*. Londres, The Royal Institution, 1932; 1 fasc. 21cm,5.

Economic Proportions and weights of Modern Highway Cantilever Bridges, par J.-A.-L. Waddell. In *Papers American Society of Civil Engineers*, New York, s. d.; 1 fasc. 23cm.

L'École Polytechnique. In *Société des Amis de l'École*. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1932; 1 vol. 27cm,5.

L'avenir et la prémonition, par Charles Richet. Paris, édition Montaigne, 1931; 1 vol. 18cm,8.

Les pouvoirs inconnus de l'esprit sur la matière, par Eugène Osty et Marcel Osty. Paris, Librairie Félix Alcan, 1932; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. Ch. Richet.)

ERRATA.

(Séance du 11 avril 1932.)

Note de M. *D. Riabouchinsky*, Mouvement d'un fluide compressible autour d'un obstacle :

Page 1215, ligne 10, *au lieu de* fluide incompressible, *lire* fluide compressible.

(Séance du 25 avril 1932.)

Note de M. *Marcel Mennesson*, Méthode de mesure de haute précision des longueurs et des épaisseurs :

Page 1461, ligne 16, *au lieu de* réservoir H et le niveau du tube M, *lire* réservoir R et le niveau dans le tube M.

Note de MM. *R. Fosse*, *P. De Graeve* et *P.-E. Thomas*, Un nouveau principe des végétaux : l'acide urique.

Page 1409, ligne 19, après Ksapek, mettre l'appel (5) et ajouter au bas de la page la note suivante :

(5) KZAPEK, *Biochemie der Pflanzen*, 3e édition, 3, 1925, p. 193 et 203.

Page 1413, en note après (2), remplacer *loc. cit.* par la référence (6) de la page 1408.

(Séance du 25 avril 1932.)

Note de M. *André Blondel*, Nouvelle représentation algébrique des courants alternatifs et de tous autres phénomènes oscillatoires :

Page 1416, lignes 10, 11, 14, 15, 18, *au lieu de* $j^{1/3}$ et $j^{2/3}$, *lire* $j^{4/3}$ et $j^{8/3}$.

Note de M. *Raymond-Hamet*, Les poisons sympathicolytiques peuvent-ils transformer, en une action vaso-dilatatrice, l'action vaso-constrictive des amines dont ils n'inversent pas l'action hypertensive?

Page 1530, légende de la figure 1, ligne 6, *supprimer* chaque trait.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 MAI 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOLOGIE. — *Manières d'être et diffusion de l'acide phosphorique dans les formations sédimentaires anciennes. Conséquences.* Note de M. **L. CAYEUX**.

L'existence du phosphore dans les formations sédimentaires, en dehors des accumulations de phosphates qui ont sollicité l'attention des observateurs, est connue depuis longtemps. Dès 1885, Ch. Daubeny ([1]) signalait la présence de proportions insignifiantes d'acide phosphorique dans des roches cambriennes d'Angleterre, pour en tirer la conclusion que le début de la vie remontait au Cambrien. En 1870, E. Savoye ([2]) démontrait l'existence du phosphate de calcium dans les différents horizons crétacés du département du Nord. Sur 45 craies, échelonnées de la craie glauconieuse cénomanienne à la craie à Bélemnitelles comprise, 8 lui ont donné des résultats négatifs et les autres depuis des traces jusqu'à 1,558 pour 100. En 1875, H. Hicks ([3]), V. H. Hudleston et J. Hughes, analysant des roches cambriennes et siluriennes d'Angleterre, y décelaient depuis des traces jusqu'à 0,60 pour 100

([1]) CH. DAUBENY, *On the Produce obtained from Barley Sown in Rocks of various Ages* (*Quart. Journ. Chem. Soc. London*, 1855, p. 289-303).

([2]) E. SAVOYE, *Analyse comparative des calcaires du département du Nord, employés pour le marnage et le chaulage des terres* (*Mém. Soc. Sc. Lille*, 3e série, 8, 1870, Extr. 64 pages).

([3]) HENRY HICKS, *On the Occurence of Phosphates in the Cambrian Rocks. With an Appendix on the chemical Analyses of the Rocks by V. H. Hudleston* (*Quart. Journ. Géol. Soc.*, **31**, 1875, p. 368-385).

de P^2O^5, avec une augmentation très importante en présence de nombreux organismes.

E. Duvillier [1] a, pour ainsi dire, généralisé le problème, dès 1877, en recherchant l'acide phosphorique dans toute la série géologique. 56 analyses de roches différentes, allant de la série cristallophyllienne comprise à l'Oligocène inclus, ont toutes fourni de l'acide phosphorique. Dans le groupe primaire, seulement représenté par 8 spécimens, l'auteur a trouvé de 0,064 à 0,11 pour 100 de P^2O^5.

Enfin, d'après F. W. Clarke [2], la proportion moyenne d'acide phosphorique dans les roches sédimentaires d'Amérique s'élève à 0,17 pour 100 dans 78 schistes, 0,07 pour 100 dans 624 grès, 0,04 pour 100 dans 345 calcaires non utilisés par la construction et 0,42 pour 100 dans 498 calcaires employés comme pierre à bâtir.

D'autre part, l'analyse des sédiments littoraux d'eau profonde et des dépôts de haute mer, dragués par le *Challenger*, aboutit à des constatations analogues. Celle des vases à Globigérines, par exemple, a montré que sur 21 prises d'essai, 2 ont donné des résultats négatifs, 7 des traces et les autres, de 0,19 à 2,80 pour 100 de P^2O^5.

Ces données et beaucoup d'autres nous enseignent que l'acide phosphorique existe dans les roches sédimentaires de tout âge, et qu'à ce point de vue les sédiments anciens ne diffèrent par rien d'essentiel des dépôts en voie d'accumulation.

Une pareille conclusion, rigoureusement conforme à l'état de nos connaissances, est loin de poser le problème de la diffusion de l'acide phosphorique dans toute son ampleur. L'étude approfondie de la question nous apprend que le phosphore est susceptible de revêtir dans les roches sédimentaires trois modalités principales :

1° Il fait partie intégrante des débris organiques, où son existence ne peut être révélée que par des réactions microchimiques, à moins qu'il ne soit représenté par des fragments de tissu osseux.

2° Il est individualisé sous une forme sensible, principalement à l'état d'éléments analogues à ceux des gisements de phosphate sédimentaires, et, par exception, d'apatite détritique ou d'apatite d'origine métamorphique incluse dans le quartz.

---

(1) E. Duvillier, *Sur la présence de l'acide phosphorique dans toute la série géologique* (*Mém. Soc. Sc. Lille*, 4e série, 3, 1877. Extr. 26 p.).

(2) F. W. Klarke, *in* Ch. R. Van Hise, *A Treatise on Metamorphism* (*Monogr. Un. St. Geol. Surv.*, 47, 1904, p. 975).

3° Une troisième manière d'être, d'existence insoupçonnée jusqu'aujourd'hui, bien qu'elle soit de beaucoup la plus importante, ne peut être mise en évidence qu'en opérant dans certaines conditions. Les analyses globales, qui fixent la teneur en P^2O^5, nous laissent dans l'ignorance absolue, en ce qui la concerne, attendu que les résultats obtenus peuvent s'appliquer soit à des minéraux phosphoreux, soit à des organismes, soit aux deux à la fois.

Si l'on veut tirer de la présence de l'acide phosphorique dans les roches sédimentaires tous les enseignements qu'elle comporte, il faut apporter plus de précision dans les dosages en procédant comme il suit : Les analyses dont il va être question ont été faites sans exception sur des échantillons *préalablement étudiés au microscope*, afin de s'assurer de l'absence de minéraux phosphoreux, même à l'état d'inclusions très exiguës, et de débris organiques, susceptibles d'introduire de l'acide phosphorique dans le milieu. Cette précaution prise, les teneurs en P^2O^5 se rapportent à la troisième manière d'être.

Mes essais, conçus dans cet esprit, ont porté principalement sur des roches paléozoïques. 7 analyses de roches dévoniennes variées, de l'Ardenne française, ont fourni de 0,070 à 0,37 pour 100 de P^2O^5. 17 analyses de roches siluriennes, et surtout cambriennes, originaires de France, ont donné depuis 0,070 à 0,245 pour 100 de P^2O^5. 7 échantillons de schistes, grès et quartzites, prélevés dans le Précambrien de la vallée de la Laize (Calvados), qui n'a jamais fourni la plus petite trace de fossile, sont tous phosphoreux et renferment de 0,116 à 0,347 pour 100 de P^2O^5, les deux teneurs les plus élevées, 0,325 et 0,347 pour 100, se rapportant à des schistes très fins de Bretteville-sur-Laize. Diverses roches de l'Algonkien de la région des grands lacs américains contiennent toutes du phosphore. En particulier, trois schistes des environs de Negaunee (Michigan) que j'ai recueillis, en 1909, à la partie tout à fait inférieure de l'Algonkien, ont donné respectivement 0,073, 0,086 et 0,104 pour 100 de P^2O^5. Eu égard à la sélection opérée, dans les conditions indiquées plus haut, à l'aide du microscope, les teneurs en question ne sont imputables, ni à des minéraux, ni à des débris organiques plus ou moins bien conservés.

Chose inattendue, cet acide phosphorique décelé dans tous les matériaux analysés, n'est jamais discernable au microscope, et au surplus, il est partout dans les roches considérées. Tous les échantillons, sur lesquels ont porté mes investigations, se prêtent sans exception à la démonstration suivante : Un fragment de taille aussi réduite que possible, traité par de l'acide

azotique, fournit une solution qui donne avec le molybdate d'ammoniaque une foule de cristaux de phosphomolybdate d'ammoniaque. L'essai qualificatif, exécuté sous le microscope, peut être répété autant de fois qu'on le veut avec des granules prélevés en d'autres points des mêmes échantillons, le résultat est *ne varietur*.

Une première conclusion se dégage de notre étude, à savoir que *l'acide phosphorique, invisible au microscope sous une forme quelconque, existe dans la totalité des roches essayées, et qu'en dépit des teneurs extrêmement faibles mises en évidence, cet acide est réparti dans toute la masse des échantillons.* Il s'agit, comme on le voit, d'une diffusion poussée à l'extrême, foncièrement différente de la diffusion, synonyme de présence, telle que la notion en a prévalu jusqu'ici dans le domaine envisagé.

Le problème posé par cet acide phosphorique, qui ne tombe jamais sous les sens, est du même ordre, semble-t-il, que celui de l'acide phosphorique disséminé dans les éléments ferrugineux des minerais de Lorraine, où il est également invisible, quoique développé à forte dose.

D'une manière générale, l'origine de l'acide phosphorique des roches sédimentaires a été mise au compte de l'activité organique, sans faire la moindre part aux minéraux phosphoreux, dont l'intervention est accidentelle ou non. Personne ne met en doute que les sédiments actuels et les dépôts anciens comme la craie, etc., sont redevables de leur phosphore aux organismes. En remontant de proche en proche dans le passé, à partir de quelle limite la conclusion que l'acide phosphorique des roches sédimentaires est d'origine sédimentaire cesse-t-elle d'être valable, si tant est qu'elle ne soit pas d'une application générale ? Il ne peut être question d'en contester le bien-fondé pour toutes les formations anciennes fossilifères, et j'ajouterai pour toutes celles qui, privées de fossiles, sont étroitement associées à d'autres qui en renferment. De plus, rien ne fait supposer qu'il en puisse être autrement pour les grandes épaisseurs de terrains siluriens et cambriens, dépourvus de fossiles, ou pour mieux dire qui n'en contiennent plus. Enfin, dès l'instant que les formations sédimentaires antécambriennes ne diffèrent en rien des moins anciennes, sous le rapport de l'acide phosphorique invisible, on ne peut logiquement leur refuser le bénéfice de la même conclusion, sous prétexte qu'elles sont présentement azoïques, ou peu s'en faut.

A cet égard, toute limitation dans le temps serait vouée à l'arbitraire, parce que la distribution de l'acide phosphorique des roches sédimentaires, ainsi que sa diffusion, nous mettent en présence d'une série continue de valeurs, toujours comparables, se réclamant d'une

seule et même explication. Pour conclure, on peut dire que la grande diffusion de l'acide phosphorique invisible dans les roches sédimentaires trouve son explication dans l'activité organique, que celle-ci ait laissé ou non des vestiges reconnaissables. Bref, *la présence de l'acide phosphorique, dans les conditions indiquées, constitue une sorte de réactif permettant de démontrer l'existence originelle d'organismes dans des terrains qui n'en renferment aucune trace aujourd'hui.*

En conséquence, le Précambrien azoïque de Normandie témoignerait par son acide phosphorique invisible de l'existence d'organismes d'un bout à l'autre de la période. Et, point plus important, l'Algonkien d'Amérique, en fixant de l'acide phosphorique dans les mêmes conditions, aurait enregistré, *dès ses débuts*, la preuve de l'intervention de la vie.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Recherches expérimentales sur quelques modifications colloïdales produites dans le sérum sanguin par l'injection de sérum concentré et par les saignées plasmatiques.* Note de M. **Charles Achard**, Mlle **Jeanne Lévy** et M. **Fernand Gallais**.

Au cours des recherches que nous poursuivons sur les modifications pathologiques des protéides de sérum sanguin, nous avons été amenés à étudier la faculté d'hydratation des particules colloïdales de ce sérum en l'appréciant par les changements de viscosité produits par le chauffage.

Nous avons ainsi reconnu que dans certains œdèmes, les œdèmes brightiques, cette aptitude à l'hydratation était fort diminuée [1].

En cherchant à provoquer expérimentalement des changements dans cette aptitude, nous avons reconnu que l'injection dans les veines d'un chien de son propre sérum concentré dans le vide, et dont la viscosité était, par conséquent, augmentée, diminuait la faculté d'hydratation, de sorte que le chauffage ne modifiait plus guère la viscosité du sérum. Il est à noter que cette injection de sérum concentré était suivie de phénomènes de choc.

Voici les résultats obtenus. La viscosité était mesurée après 1 heure de chauffage à la température indiquée :

---

[1] Ch. Achard, Augustin Boutaric et Jeanne Lévy, *Recherches sur les variations thermiques de la viscosité du sérum sanguin dans les affections rénales et dans divers cas d'épanchements séreux* (*Bull. de l'Acad. de Méd.*, 107, 1932, p. 221).

	Avant l'injection.	1/2 heure après (¹).	2 heures après.	3 heures après.
		Chien I.		
A 26°	1,92	1,85	1,84	1,85
A 61°	2,4	1,70	1,97	2,33
		Chien II.		
A 26°	1,71	1,73	coagulation	
A 57°	2,15	1,78	1,73	
A 61°		1,78	1,83	
		Chien III.		
		1 h. 45 après (²).	2 h. 45 après.	
A 26°	1,73	1,64	1,68	
A 61°,5	2,48	1,72	1,83	

Dans les expériences suivantes, nous avons dosé les protéines du sérum, en même temps que nous recherchions la viscosité.

Chien IV ♀ de 24kg.

	Avant l'injection.	1 h. 30 après (³).	24 heures après.
A 26°	1,8	1,81	1,86
A 63°	4	2,8	4,2
Protéines totales	86,3 ‰	106,5 ‰	94,7 ‰
Sérine	28,9 —	37,6 —	36,7 —
Globulines	57,4 —	68,9 —	58 —
Quotient albumineux	0,50	0,54	0,63
Azote total non protéique	0,472 ‰	0,67 ‰	0,476 ‰

Chien V ♂ de 16kg,500.

	Avant l'injection.	1 h. 30 après (⁴).	24 heures après.
A 26°	1,63	1,62	1,58
A 63°	2,32	1,9	2,78
Protéines totales	78,6 ‰	83,2 ‰	85,8 ‰
Sérine	36,8 —	38,4 —	36 —
Globulines	41,8 —	44,8 —	49,8 —
Quotient albumineux	0,88	0,85	0,72
Azote total non protéique	0,404 ‰	0,608 ‰	0,56 ‰

(¹) Injection de 25^{cm^3} de sérum provenant de la concentration de 50^{cm^3}.
(²) Injection de 15^{cm^3} provenant de la concentration de 35^{cm^3} de sérum.
(³) Injection de 30^{cm^3} de sérum provenant de la concentration de 45^{cm^3}.
(⁴) Injection de 15^{cm^3} de sérum provenant de la concentration de 26^{cm^3}.

Chien VI ♂ *de* 15kg,500.

	Avant l'injection.	1 h. 30 après ([1]).	2 h. 30 après.	24 heures après.
A 26°	1,53	1,42	1,42	1,44
A 63°	2,50	1,60	1,59	1,72
Protéines totales	72,12 °/₀₀	55,4 °/₀₀	-	59,2 °/₀₀
Sérine	17,9 -	23,8	-	27,6 -
Globulines	54,3 -	31,6	-	31,6 -
Quotient albumineux	0,33	0,75	-	0,87
Azote total non prot.	0,56 °/₀₀	0,628	-	0,492 °/₀₀

On voit que, 1 heure 30 minutes à 2 heures après l'injection du sérum concentré, la viscosité n'augmente plus ou presque plus par le chauffage et que, par suite, les particules colloïdales sont moins aptes à s'hydrater. Cette modification n'existait plus après 24 heures chez les chiens IV et V, mais persistait au bout de ce temps chez le chien VI.

On remarque aussi que, sauf dans la dernière expérience, l'injection du sérum concentré augmente d'une façon assez persistante le taux des protéines, jusqu'au delà de 24 heures, quoique la viscosité du sérum reste à peu près la même qu'avant l'injection. Il semble donc que la viscosité du sérum se règle plus aisément que la teneur en protéines.

Il faut noter encore que l'augmentation des protéines a porté à la fois sur la sérine et les globulines. Un des chiens (VI) avait un quotient albumineux (sérine/globulines) très abaissé : il nous a donné des résultats inverses en ce qui concerne les globulines; de plus, le taux des protéines a baissé chez lui après l'injection, contrairement aux autres.

Il nous a paru intéressant de comparer cette expérience avec la suivante dans laquelle un chien a été soumis à une forte saignée sans réinjection de sérum concentré.

Chien VII ♂ *de* 17kg.

	Avant la saignée.	Après deux abondantes saignées.
A 26°	1,55	1,46
A 63°	2,46	1,81
Protéines totales	65,57 °/₀₀	56,71 °/₀₀
Sérine	30,69 -	26 -
Globulines	34,88 -	30,71 -
Quotient albumineux	0,87	0,84
Azote non protéique	0,452 °/₀₀	0,44 °/₀₀
Lipides totaux	10,42 -	9,44 -

([1]) Injection de 20$^{cm^3}$ de sérum provenant de la concentration de 33$^{cm^3}$.

Dans cette dernière expérience, la saignée a diminué le taux des protéines, par suite de l'afflux dans le sang d'eau des cavités lacunaires, suivant un mécanisme bien connu, mais la dimiuution a porté également sur les diverses protéines.

Dans une seconde série de recherches, au lieu d'injecter du sérum enrichi par la concentration de ses composants colloïdes et cristalloïdes, nous avons soumis des chiens à des saignées plasmatiques, c'est-à-dire à des soustractions de sang complet suivies de réinjections des globules seuls, rapidement séparés du plasma.

Chien VIII ♂ de 18kg.

	Avant les saignées.	Après 3 saignées plasmatiques en 2 heures.	Après 24 h. de repos et 2 nouvelles saignées plasmatiques.
A 26°	1,69	1,66	1,63
A 63°	2,29	2,19	2,31
Protéines totales	86 ‰	–	75,8 ‰
Sérine	33,5 –	–	30,7 –
Globulines	52,5 –	–	45,1 –
Quotient albumineux	0,63	–	0,68
Azote total non protéique	0,564 ‰	–	0,864 ‰

Chien IX ♀ de 21kg.

	Avant la saignée.	Après 4 saignées plasmatiques en 3 h.
A 26°	1,16	1,14
A 63°	3,29	3,30
Protéines totales	73,4 ‰	42,4 ‰
Sérine	48,1 –	29 –
Globulines	29,3 –	13,4 –
Quotient albumineux	1,6	2,1
Azote total non protéique	0,384 ‰	0,400 ‰

Chez ces deux chiens la soustraction du plasma, remplacé par l'afflux d'eau lacunaire, a produit son effet habituel de dilution des colloïdes. Il y a lieu seulement de noter que chez le chien IX, l'abaissement a été un peu plus marqué pour la globuline que pour la sérine.

En outre, dans ces deux dernières expériences, tandis que le taux des protéides restait très diminué par les saignées plasmatiques, le chauffage a produit dans la viscosité du sérum les mêmes modifications qu'à l'état normal. La faculté d'hydratation des particules colloïdales restait donc intacte.

La double série d'expériences que nous venons de rapporter comporte une application à la pathogénie des œdèmes brightiques. Il est habituel, dans ces œdèmes, de trouver à la fois une diminution des protéïdes du sérum et une inaptitude des granules colloïdaux à l'hydratation. Or, les deux phénomènes ne sont pas liés l'un à l'autre, puisque nous voyons dans nos expériences cette inaptitude à l'hydratation coexister avec une élévation des protéides et manquer avec un abaissement de ces protéides. Les deux troubles colloïdaux sont donc indépendants, mais ils peuvent ajouter leurs effets, en diminuant la pression osmotique des protéines d'une part, et de l'autre, en laissant dans le plasma une plus grande quantité d'eau libre, conditions qui, toutes deux, facilitent l'extravasation hydropique de liquide.

PIÉZO-ÉLECTRICITÉ. — *La température d'un cristal piézo-électrique fonction de son régime vibratoire.* Note [1] de MM. **Armand de Gramont** et **Daniel Beretzki.**

Nous avons eu l'occasion de faire fonctionner des quartz piézo-électriques comme stabilisateurs de fréquence dans des conditions très diverses et notamment en les enfermant dans des thermostats. Des lames de quartz ainsi isolées des influences extérieures ont présenté pourtant des différences de régime qui semblaient inexplicables.

Nous nous sommes alors demandé quelle était la relation existant entre la température propre du quartz vibrant et son régime vibratoire et nous avons tenté de mesurer cette température. Il est impossible de fixer un organe thermométrique directement sur le cristal vibrant, mais on peut par un couple thermo-électrique prendre la température d'une des armatures du condensateur; l'armature qui se trouve placée au voisinage immédiat du cristal atteint, au bout d'un certain temps, une température qui doit être voisine de celle du quartz et qui, en tout cas, est fonction de celle-ci.

On constate que les températures de l'armature voisine du quartz vibrant sont très variables selon la tension du circuit de haute fréquence, laquelle détermine l'amplitude de la vibration du cristal; cette température dans un cas a dépassé 140°. Il est à noter que la variation de la température influe à son tour sur la fréquence.

---

[1] Séance du 17 mai 1932.

Quand un cristal n'est pas pur et qu'il est, comme il arrive parfois sans cause apparente, susceptible de vibrer sur deux fréquences différentes, on peut caractériser l'une ou l'autre de ces fréquences par les deux températures du quartz qui sont caractéristiques des deux régimes.

Ainsi, il ne suffit pas de mettre un cristal piézo-électrique dans un thermostat, puisque les différences de température dues à l'atmosphère ambiante sont très faibles par rapport aux variations de la température propre du quartz soumis à des régimes différents. C'est la température même du cristal qu'il convient de mesurer : le contrôle du régime vibratoire peut s'opérer par le micro-ampèremètre relié au couple thermo-électrique; par lui on pourra maintenir constantes l'amplitude et la fréquence des vibrations du quartz.

D'autre part, nous avons amélioré le fonctionnement des quartz en les faisant vibrer dans le vide. A mesure que l'atmosphère ambiante se raréfie, on voit le débit augmenter dans le circuit oscillant : il y a simultanément diminution de la résistance de l'air et meilleur isolement du quartz.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur l'extraction des gaz dissous dans le procédé Claude-Boucherot.* Note de M. **Georges Claude.**

L'Académie me permettra de l'informer d'un succès de l'industrie mécanique française qui apportera en même temps un nouveau laurier à la mémoire de notre confrère Rateau.

On sait qu'une des objections essentielles formulées contre le procédé Claude-Boucherot a consisté à affirmer que l'extraction continue des gaz dissous coûterait une énergie énorme.

Par des raisonnements basés sur l'analogie apparente du problème avec celui de l'extraction de l'air dans les centrales à vapeur, des spécialistes n'ont pas craint d'écrire que, pour extraire ces gaz, il en coûterait 400 pour 100 de l'énergie produite par les turbines.

Ayant été assez heureux pour rallier M. Rateau à notre manière de voir, j'ai fait ici même [1], en plein accord avec lui, justice de ces raisonnements et montré qu'au lieu de 400 pour 100, c'est tout au plus 7 à 8 pour 100 de l'énergie produite qu'il en coûterait dans des installations assez puissantes.

Mais je n'ai pas voulu m'en tenir à cette réfutation théorique, les oppo-

(1) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 987.

sants ayant été amenés depuis à affirmer que les difficultés *pratiques* de l'extraction des gaz par compresseurs rotatifs à partir d'une pression de quelques millimètres de mercure ne pourraient être résolues.

De même que l'affirmation de l'impossibilité de mouvoir utilement des turbines à vapeur sous des différences de quelques centièmes d'atmosphère m'a conduit aux expériences d'Ougrée et que l'affirmation de l'impossibilité de remonter l'eau froide m'a conduit aux essais de Cuba, de même j'ai voulu détruire par une démonstration pratique l'objection relative à l'extraction des gaz.

La grande difficulté d'une telle démonstration, d'après M. Rateau, était qu'elle ne pouvait être tentée avec succès qu'avec un appareil important et coûteux, capable d'extraire dans les conditions voulues les gaz dissous d'une installation Claude-Boucherot supposée établie pour une puissance de l'ordre de 2 à 3000 kW.

J'ai donc demandé à M. Rateau, au début de 1929, de vouloir bien étudier et construire un compresseur rotatif de cet ordre. Bien entendu, je n'ai pu demander aucune garantie de rendement, ayant dû m'en remettre entièrement à la science de l'illustre constructeur pour assurer le succès d'une telle réalisation.

Extrêmement intéressé par ce problème, M. Rateau a tenu à faire personnellement les calculs et les dessins essentiels de cet appareil, de sorte que, malgré la science et le dévouement de ses collaborateurs, MM. Amiard, Fontanel, directeurs; Chambadal, Desmur, Imbert, ingénieurs, le succès que j'ai à annoncer à l'Académie doit être considéré en grande partie comme son œuvre personnelle.

Aux termes de la commande, le compresseur ne devait pas seulement aspirer les gaz dissous arrivant au condenseur pour les refouler jusqu'à la pression atmosphérique. J'ai fait remarquer [1] que, pour réduire au minimum la dépense d'extraction, il y a un très grand intérêt à enlever préalablement la fraction des gaz dégagés par l'eau froide ou chaude pendant sa montée dans les colonnes barométriques de l'appareil. Ainsi, au lieu d'avoir pour cette fraction à fournir un travail d'extraction proportionnel à $L(1^{at}/0,01)$, on réduit ce travail à $L\,1/0,05$ ou $L\,1/0,10$, suivant que cette extraction est faite dans les dégazeurs des colonnes aux niveaux correspondant à 0,05 et 0,10 atm. abs. De plus, et surtout, le volume des gaz extraits à ces pressions est peu augmenté du fait de la vapeur, dont la

(1) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 987.

tension, même pour l'eau tiède, est bien inférieure à 0,05 atm au lieu que l'air à extraire du condenseur au voisinage de 0,01 atm contiendra nécessairement au moins 3 ou 4 volumes de vapeur pour 1 d'air.

Le problème posé à M. Rateau d'après les constatations faites dans nos études [1] consistait donc à extraire et rejeter dans l'atmosphère 130 litres d'air par seconde, dont environ 12 pour 100 depuis la pression de 14^{mm}, mêlé à 4 fois son volume de vapeur, 25 pour 100 depuis la pression de 35^{mm}, et 60 pour 100 depuis la pression de 65^{mm}.

Bien entendu, nous n'avons pas un seul instant pensé à étudier des compresseurs distincts pour les deux dernières fractions : on s'est contenté de prévoir que les compartiments des deux dégazeurs seraient reliés à des étages intermédiaires convenables du compresseur, les capacités d'aspiration respectives des différentes roues étant calculées en conséquence.

L'appareil se compose de 17 roues travaillant en série, montées sur un arbre commun tournant à 10000 tours par minute environ. Ces 17 roues sont divisées en 5 groupes séparés par des réfrigérants à surface.

L'aspiration correspondant au compartiment supérieur des dégazeurs (35^{mm} de Hg) se fait entre la deuxième et la troisième roue côté basse pression ; celle correspondant au deuxième étage se fait entre la quatrième et la cinquième roue.

Le diamètre de la première roue aspirant au condenseur est de $0^{m},720$ (vitesse périphérique correspondante, 380 m : s) ; celui des dernières roues n'est que de $0^{m},320$. Les plus petites de ces roues n'ont que 14^{mm} de large et tournent dans un logement de 16^{mm} de large. On conçoit quelle importance considérable peuvent prendre les pertes relatives dans de telles conditions. Pour cette raison et bien d'autres, il n'est pas douteux que de bien plus grands appareils, comme ceux qui seront nécessaires en pratique, seront d'une construction infiniment plus facile et plus avantageuse sans être beaucoup plus coûteux, car il suffira d'augmenter la largeur des roues, dont le nombre sera d'ailleurs diminué.

Rien qu'à ce dernier point de vue, l'appareil d'extraction d'une installation de 40000 kw n'en comporterait que 12 au lieu de 17, tournant à une vitesse angulaire moindre.

---

(1) Voir en particulier la Note citée précédemment. *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 987.

Malgré ces conditions si difficiles et tout l'aléa et l'incertitude d'une première réalisation, les résultats obtenus ont été excellents.

En l'absence d'une installation Claude-Boucherot existante, les essais ont été faits en puisant dans des enceintes où des rentrées convenables d'air extérieur maintenaient la pression voulue, des volumes *d'air sec* respectivement égaux aux volumes des mélanges *d'air et de vapeur* qu'on aurait à extraire dans la réalité. Le fait que l'on n'aspirait ainsi que de l'air sec, qui ne peut se condenser comme la vapeur pendant la montée de pression, était compensé par le fait qu'à l'arrivée de cet air à l'étage suivant, une partie correspondant au volume de vapeur qui se serait condensé était renvoyée vers l'aspiration. En outre, on tenait compte largement de la surpression correspondant à la densité plus grande de l'air comparée à celle de la vapeur, en faisant l'aspiration à partir d'une pression de 12^{mm} au lieu des 14^{mm} demandés (ce vide a d'ailleurs été poussé sans difficulté à 6^{mm}, en diminuant un peu le poids d'air aspiré, sans affecter beaucoup la puissance dépensée).

C'est dans ces conditions qu'on a trouvé que l'appareil refoulait jusqu'à la pression atmosphérique environ 150 litres d'air par seconde pour une puissance effective dépensée à la turbine motrice de 200 kW, mesurée par la consommation de vapeur, soit 210 kW dépensés aux bornes d'un moteur électrique.

En comptant, conformément à nos expériences, que les trois quarts seulement des gaz dissous seront dégagés en moyenne ([1]), soit 15^{cm^3} par litre, on voit que l'appareil en question est susceptible d'extraire les gaz dissous correspondant au traitement de 10000 l/s d'eau totale : ceci, dans l'hypothèse défavorable de débits égaux d'eau froide et d'eau tiède et d'une détente unique de la vapeur, correspond à une installation donnant au moins 2500 kW bruts. La puissance dépensée pour l'extraction des gaz avec ce premier appareil serait donc de 8 pour 100 de la puissance totale fournie : c'est donc, dans des conditions tout à fait remarquables pour une

---

([1]) On sait que l'eau de mer contient moins de gaz que l'eau douce, 20 cm³/l environ au lieu de 25, et que le CO^2 qu'elle peut contenir sous forme de bicarbonates y est assez retenu pour ne pas se dégager par la simple action de l'ébullition dans le vide. D'autre part, l'un des meilleurs enseignements des essais de Cuba a été la démonstration grandiose du fait déjà reconnu par les océanographes, à savoir que, normalement, l'eau froide des profondeurs ne contient pas un excès de gaz dissous du fait de sa pression. En effet, l'eau qui arrivait de 600^m de profondeur dans le puits d'eau froide de l'usine de Matanzas à l'allure de 4000^{m^3} à l'heure, n'a jamais cessé d'y être d'une limpidité parfaite, que le moindre dégagement gazeux eût complètement troublée.

première réalisation, la complète confirmation de toutes nos prévisions à ce sujet.

La présente Communication n'a bien entendu pour but que de donner une idée de ces essais laborieux, qui seront décrits ailleurs beaucoup plus en détail.

Cette réussite ouvre des horizons pour bien d'autres applications industrielles que celle qui fait l'objet de nos efforts actuels.

La Société Rateau et moi-même serons heureux de présenter l'appareil vendredi prochain aux membres de l'Académie désireux de le voir pendant qu'il est encore sur la plate-forme d'essai.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un Ouvrage que je viens de publier en collaboration avec M. Robert Deltheil, doyen de la Faculté des Sciences de Toulouse, *La Géométrie et les Imaginaires* (Albin Michel).

Dans cet Ouvrage nous avons cherché, comme je l'avais fait dans mes *Principes d'Algèbre et d'Analyse*, non pas à faire double emploi avec les Manuels élémentaires fort nombreux et souvent excellents, mais, en supposant connues les notions fondamentales que possèdent les bons élèves de l'Enseignement secondaire et de l'Enseignement primaire supérieur, à entraîner le lecteur au delà des limites qu'il aurait mis plusieurs années à franchir s'il avait poursuivi ses études conformément aux programmes habituels. Cette excursion en pointe dans le domaine des mathématiques supérieures est doublement utile : d'abord par la formation générale de l'esprit, ensuite par l'acquisition de connaissances précises utilisables dans de nombreuses applications.

Le but essentiel de ce livre est la variable complexe; l'instrument incomparable dû au génie de Cauchy a permis d'introduire la clarté et la simplicité dans bien des questions, et en même temps de créer un instrument de découverte d'une puissance exceptionnelle.

Nous espérons que la lecture de ce petit Ouvrage permettra de soupçonner la beauté grandiose de cette théorie des fonctions d'une variable complexe, qui est à la fois une des plus simples et des plus profondes théories mathématiques.

M. **Paul Janet** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de déposer sur le bureau de l'Académie les tomes I et II de la septième édition de mes *Leçons d'Électrotechnique générale*. Je me permets de signaler dans cette nouvelle édition quelques chapitres qui ont été développés ou ajoutés, en particulier ceux qui sont relatifs à la propagation des courants alternatifs dans les lignes de transport à haute tension, à la propagation des courants alternatifs dans les cylindres, et aux courants de Foucault dans les cylindres et dans les plaques à faces parallèles.

En faisant hommage à l'Académie du neuvième élément paru (Tome sixième) de sa *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*, M. **Paul Helbronner** s'exprime en ces termes :

Dans ce tome sixième, j'ai groupé les triangulations de détail que j'ai effectuées dans les régions de la Savoie spéciales à la haute vallée de l'Isère et aux affluents de gauche de celle-ci, depuis sa source jusqu'aux environs d'Albertville. La documentation en a été fournie principalement par les stationnements extraits des réseaux que j'ai déterminés au cours des quatre campagnes de 1909, 1910, 1911 et 1912.

Celles-ci furent des plus fructueuses et si l'été de 1912 a présenté un rendement quelque peu irrégulier, par contre celui de 1911 a été favorisé par une magnifique série de conditions climatiques et doit compter probablement parmi les trois plus beaux dont j'ai profité depuis le début de mes opérations. Quant aux deux autres années, elles sont rentrées, au point de vue atmosphérique, dans la très bonne moyenne de rendement des récoltes habituelles.

La présentation des résultats et le classement de la valeur des points sont établis sur le même mode que celui des tomes précédemment parus. Comme pour ceux-ci, d'autre part, je n'ai pas attendu la terminaison de tous les calculs ni la publication du volume pour fournir aux services ou aux particuliers intéressés les éléments inédits de mes réseaux, au fur et à mesure que je les obtenais de mes élaborations. C'est ainsi que le Service géographique de l'Armée s'est appuyé sur plusieurs centaines des coordonnées données dans cet élément qui au total comprend la publication de 1055 tours d'horizon géodésiques et de 19 panoramas photographiques, donnant à trois exceptions près le tour d'horizon complet iconographique, reproduit

par la similigravure sur plus de 2m de développement. Par contre, l'un d'entre eux, celui du Mont Pourri se complète par la fraction prise en téléphotographies raccordées de la chaîne du Mont Blanc.

NOMINATIONS.

M. **M. Delépine** est désigné pour représenter l'Académie, le 1er juin 1932, à la commémoration du Centenaire de la mort de *G.-S. Sérullas*, organisée par la Société de Pharmacie.

M. **M. Delépine** est désigné pour représenter l'Académie, le 3 juillet 1932, à la commémoration du Centenaire de la mort de *Vauquelin* qui aura lieu à Caen au cours du Congrès annuel de la Fédération Normande des pharmaciens du Calvados.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Edgard Haudié. *Cours d'Électricité générale de l'École Navale*. Deuxième édition.

2° *Petites planètes. Tables de coordonnées héliocentriques et données concernant les oppositions*, par G. Fayet. (Présenté par M. Esclangon.)

M. **Emilio Damour** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée, en 1930, sur la *Fondation Loutreuil*.

M. le **Maire de Tartaras** (Loire) prie l'Académie de vouloir bien déléguer un de ses membres à l'inauguration du monument de *Charles Bossut*, le 5 juin 1932.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Remarques sur les probabilités des événements en chaîne.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Hadamard.

Dans ma Note précédente (¹), j'ai rappelé que, d'après Markoff, dans le cas positivement régulier, $\sqrt{n}\mathcal{E}_{jk}^{(n)}$ a une limite lorsque n croît indéfiniment en appelant $\mathcal{E}_{jk}^{(n)}$ l'écart quadratique moyen de $f_{jk}^{(n)}$, fréquence moyenne avec laquelle se présente l'état E_k au cours de n épreuves à partir de l'état E_j. J'ai de plus donné l'expression de cette limite,

$$\lim_{n\to\infty}\sqrt{n}\,\mathcal{E}_{jk}^{(n)}=\sqrt{P_k[1-P_k+2s_{kk}]}, \tag{1}$$

en posant, en général,

$$s_{jk}=\sum_{n=1}^{n=\infty}[P_{jk}^{n}-P_{jk}].$$

[Cette limite se réduisant à la valeur classique $\sqrt{P_k(1-P_k)}$ dans le cas où les événements sont indépendants, le lecteur aura rétabli de lui-même le signe $\sqrt{\ }$ qui avait été omis par inadvertance, pour cette même équation, dans ma Note précédente.]

Mais on peut étendre ces résultats *au cas semi-régulier et même au cas singulier*.

D'une façon générale, on peut dire d'abord que $\mathcal{E}_{jk}^{(n)}$ a *toujours* une limite et que cette limite est égale à ω_{jk} en posant

$$(\omega_{jk})^2=\Pi_{jk}(\Pi_{kk}-\Pi_{jk}).$$

Cette limite est toujours nulle dans le cas régulier. Dans le cas semi-régulier, on peut former des exemples où $\omega_{jk}\neq 0$ et d'autres où $\omega_{jk}=0$.

Quand ω_{jk} est nul, non seulement $\mathcal{E}_{jk}^{(n)}$ est infiniment petit avec $1/n$, mais on peut affirmer que *son ordre est au moins égal à celui de* $1/\sqrt{n}$. *Dans le cas semi-régulier*, on peut même préciser que $\sqrt{n}\,\mathcal{E}_{jk}^{(n)}$ *a une limite* α_{jk} et écrire

$$(\alpha_{jk})^2=P_{jk}[1-P_{jk}+2s_{kk}]+2s_{jk}[P_{kk}-P_{jk}].$$

De sorte que ω_{jk} étant supposé nul, cette expression se simplifie et : *ou bien*

$$P_{kk}=P_{jk}$$

(¹) M. Fréchet, *Sur les probabilités des événements en chaîne* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1542).

et

$$(\alpha_{jk})^2 = P_{kk}[1 - P_{kk} + 2s_{kk}],$$

ou bien

$$P_{jk} = 0$$

et

$$(\alpha_{jk})^2 = 2s_{jk}P_{kk}.$$

Dans le cas régulier, on a nécessairement $P_{jk} = P_{kk} = P_k$ et l'on retombe sur la formule (1).

Les résultats précédents s'étendent sans difficulté à la dispersion de la moyenne arithmétique des valeurs d'une variable aléatoire dans une série de n épreuves. Seulement les formules à écrire sont un peu plus compliquées. Elles paraîtront ailleurs avec les démonstrations des résultats de nos deux Notes.

Calcul des s_{jk}. — Ce qui nous a permis d'écrire des formules explicites simples, c'est l'introduction des quantités

$$s_{jk} = \sum_{n=1}^{n=\infty} [P_{jk}^{(n)} - P_{jk}].$$

Pour qu'elles soient utiles, il faut pouvoir les calculer sans itération.

On peut démontrer que, dans le cas régulier, elles forment, pour chaque valeur de j, le système unique de solutions du système d'équations linéaires

$$s_{jk} = \sum_i s_{ji}p_{ik} + p_{jk} - P_k \qquad (k = 1, 2, \ldots, r),$$

$$\sum_i s_{ji} = 0$$

(la somme des r premières de ces équations se réduit à une identité).

ANALYSE MATHÉMATIQUE ET MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur la stabilité des intégrales d'un système d'équations différentielles.* Note de M. T. **Wazewski**, présentée par M. Hadamard.

Considérons dans l'espace des variables réelles $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ le système S à seconds membres indépendants du temps t :

$$\text{(S)} \qquad \frac{dx_i}{dt} = P_i(x_1, \ldots, x_n) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Nous appellerons *réguliers* les points pour lesquels $\Sigma P_i^2 > 0$. Une intégrale caractéristique (dans la terminologie de Poincaré) sera dite *saturée*

lorsqu'elle sera considérée dans le plus large intervalle de son existence. Supposons que : 1° les fonctions P_i soient continues dans un ensemble ouvert H; 2° par tout point régulier de H il passe une intégrale *unique* du système; 3° une partie bornée et fermée de H (appelons-la F) se compose exclusivement de points réguliers et contient une intégrale saturée de S. *Nous affirmons que* F *contient au moins une intégrale stable.*

Soit, en effet, $X(t) = \{x_1(t), \ldots, x_n(t)\}$ une intégrale saturée contenue dans F et définie pour $a < t < b$ (on aura forcément $a = -\infty$, $b = +\infty$) et convenons d'appeler *continu du type* T tout sous-continu de F qui est composé d'intégrales saturées. Nous aurons les conclusions suivantes :

I. La classe D des points d'accumulation de $X(t)$, que l'on obtient lorsque t tend vers $+\infty$, est un continu du type T.

II. Si $X(t)$ n'est pas stable, elle ne contient aucun point de D.

III. Soit $C_1, C_2, \ldots$ une suite de continus du type T. Si cette suite est convergente au sens de Hausdorff ([1]) sa limite est du type T; sinon, elle contient une suite partielle convergente ([2]).

IV. De I, II et III, résulte l'existence d'un continu irréductible E du type T, c'est-à-dire ne renfermant aucun vrai sous-continu du même type ([3]). En vertu de I et de II, le continu E ne contient aucune intégrale instable; il sera donc composé d'intégrales stables dont l'existence est ainsi démontrée.

Il est évident que E ou bien se réduit à une seule intégrale périodique ou bien se compose exclusivement d'intégrales stables non périodiques. Notre théorème est susceptible d'une interprétation dans le cas du système d'équations différentielles d'ordre supérieur dont les deuxièmes membres ne dépendent pas explicitement de t. Observons enfin que nous ne supposons pas $\int dx_1\,dx_2\ldots dx_n$ est invariant intégral (cf. Poincaré, *Méthodes nouvelles de la Mécanique céleste*, 3, Chap. XXVI).

([1]) F. Hausdorff, *Mengenlehre*, 1927, § 28.

([2]) T. Wazewski, *Sur un continu singulier* (*Fund. Math.*, 4, 1923, p. 229), ou bien F. Hausdorff, *Mengenlehre*, 1927, ou bien C. Zarankiewicz, *Sur les points de division, etc.* (*Fund. Math.*, 9, 1927, p. 127).

([3]) Pour la méthode (à une modification évidente près), cf. T. Wazewski, *Sur les courbes de Jordan. etc.* (*Ann. Soc. Polon. d. Math.*, 2, 1924, p. 74, § 65). Les considérations de M. Kamke (*Differentialgleichungen reeller Funktionen*, 1930, Chap. 105 et 108-111) font bien voir le rôle joué par l'unicité des intégrales du système S.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la mesurabilité en support des fonctions de variables réelles.* Note de M. **Alex. Froda**, présentée par M. Hadamard.

Convenons de dire qu'une fonction uniforme ou multiforme $f(\mathrm{P})$ à n variables réelles est *à support mesurable* (L), lorsque les ensembles-supports (¹) $\mathrm{E}_t[l_t \leqq f_0(\mathrm{P}) < l_{t+1}]$ sont mesurables (L), quel que soit l'intervalle-cote $\delta_t = (l_t, l_{t+1})$ si $f_0(\mathrm{P})$ est une des valeurs de $f(\mathrm{P})$ en P. Désignons par I l'ensemble-image de $f(\mathrm{P})$.

I. *L'ensemble-image* I *de* $f(\mathrm{P})$ *est mesurable* (L), *lorsque* $f(\mathrm{P})$ *est à support mesurable* (L).

On a recours à une définition particulière de la mesure extérieure d'un ensemble-image $\mathcal{E}$ quelconque, obtenue en imposant aux ensembles-image ouverts O_R, recouvrant $\mathcal{E}$, *la restriction* (R) de ne posséder chacun, comme projection sur l'axe γ des cotes, qu'un ensemble fini d'intervalles. Appelons m_e^R la mesure extérieure (R) de $\mathcal{E}$, borne inférieure des mes O_R et avec la même restriction (R), définissons comme d'habitude la mesure intérieure (R) de $\mathcal{E}$: $m_i^\mathrm{R}\mathcal{E}$, ainsi que $\mathrm{mes}^\mathrm{R}\mathcal{E}$, si $\mathcal{E}$ est mesurable (R).

On remarque alors (²), d'une part, que $m_e^\mathrm{R}\mathrm{I} \leqq \Sigma\delta_t m_e \mathrm{E}_t + \varepsilon_m \,\mathrm{mes}\,\Delta_n$ lorsque les δ_t résultent d'une division σ_m donnée de (a, b). Car, si un ensemble support ouvert ω recouvrant E_t est tel que $\mathrm{mes}\,\omega - \mathrm{mes}_e \mathrm{E}_t < \varepsilon_m$, il existe un ensemble-image ouvert Ω_t, dont chaque intervalle Δ' a δ_t pour projection sur γ et $\mathrm{O}_\mathrm{R} = \Sigma\Omega_t$ recouvre I, donc $m_e^\mathrm{R}\mathrm{I} \leqq \lim \Sigma\delta_t m_e \mathrm{E}_t$, puisque la limite existe pour $\varepsilon_m = 0$. D'autre part, en recouvrant I d'un ensemble image ouvert O_R, satisfaisant à la restriction (R) et en considérant les points de division, extrémités des projections des Δ' de O_R sur γ, ainsi que les δ_t qu'ils définissent, on a une certaine division σ_m. Les supports des Δ' ayant un certain δ_t pour projection sur γ recouvrent E_t et donc pour σ_m considérée on a $m_e^\mathrm{R}\mathrm{I} \geqq \Sigma\delta_t m_e \mathrm{E}_t$. Mais on peut remplacer σ_m par toute sous-division de σ_m,

(¹) De même qu'ailleurs (*Sur la distribution des propriétés de voisinage des fonctions de variables réelles*, Thèse, Paris, Hermann, 1929) on appellera : a, support; b, image; c, cote, et d, vertical, tout élément géométrique appartenant respectivement : a, à l'espace des n variables $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$; b, à l'espace des $(n+1)$ variables $(x_1, x_2, \ldots, x_n; f)$; c, à l'axe des valeurs de f; d, à la parallèle menée par P à cet axe.

(²) On désigne par Δ_{n+1} l'intervalle-image enfermant I, par Δ_n l'intervalle-support de Δ_{n+1}, par (a, b) l'intervalle-cote de Δ_{n+1}.

sans modifier O_R, et donc $m_e^R I \geqq \lim \Sigma \delta_l m_e E_l$. Par suite,

$$(1) \qquad m_e^R I = \lim \Sigma \delta_l m_e E_l \quad \text{et} \quad m_i^R = \lim \Sigma \delta_l m_i E_l.$$

Or, $f(P)$ étant à support mesurable (L), on a aussi $m_e(E_l) = m_i E_l$, d'où il résulte que I est mesurable (R) et *a fortiori* mesurable (L) d'ordre $(n+1)$ [1].

Introduisons les *fonctions caractéristiques de la mesure-support de* $f(P)$ suivantes : $S_e(l) = \lim m_{n,e} E_l$, $S_i(l) = \lim m_{n,i} E_l$, les limites étant définies au point cote l et y existant, lorsque l'intervalle-cote δ_l tend vers le point cote l, en s'annulant en mesure. On pose de même $S(l) = \lim mes_n E_l$ lorsque $f(P)$ est à support mesurable (L). Les $S_e(l)$, $S_i(l)$ et $S(l)$ sont semi-continues supérieurement.

On prouve, en s'appuyant sur les égalités (1) ci-dessus ainsi que sur le lemme classique de recouvrement de M. Borel, que :

II. *Pour les mesures extérieure et intérieure, au sens restreint* (R), *de l'ensemble-image* I *d'une fonction quelconque donnée* $f(P)$, *on a les relations*

$$m_e^R I = \overline{\int_a^b} S_e(l)\, dl \quad \text{et} \quad m_i^R I = \overline{\int_a^b} S_i(l)\, dl,$$

les intégrales des fonctions caractéristiques étant prises par excès, au sens de Darboux.

A signaler que si $f(P)$ est à support mesurable (L), on retrouve

$$m_e^R I = m_i^R I,$$

avec les conclusions ci-dessus. En particulier :

III. *Lorsque* $f(P)$ *est une fonction uniforme et (à support) mesurable* (L), *son ensemble-image* I *a une mesure nulle.*

---

(1) On peut appeler d'*ordre n* et désigner par $mes_n E$, $m_{n,e} E$ et $m_{n,i} E$ la mesure, extérieure ou intérieure, d'un ensemble E, lorsque avec la même définition un *intervalle* Δ_n à *n dimensions* possède une mesure finie non nulle.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques conséquences de théorèmes de M. Ahlfors.* Note [1] de M. **G. Valiron**, transmise par M. Émile Borel.

1. M. Ahlfors a donné récemment [2] une méthode nouvelle d'une très grande portée pour traiter les problèmes se rattachant au théorème de M. Picard. Je donnerai ici quelques conséquences de ses résultats [3]. $Z = f(z)$ étant méromorphe dans un domaine C simplement connexe, convenons de dire que ses valeurs *couvrent à un nombre fini de feuillets* un domaine simplement connexe D du plan des Z (ou de la sphère de Riemann), lorsque, parmi les domaines formés par les points de C en lesquels Z prend des valeurs appartenant à D, il en existe au moins un qui est complètement intérieur à C (sa frontière appartient à C). Le premier résultat de M. Ahlfors peut s'énoncer sous la forme finie suivante. A trois cercles donnés C_1, C_2, C_3, quelconques, mais extérieurs les uns aux autres, correspond un nombre $A = A(C_1, C_2, C_3)$ inférieur à 1, tel que les valeurs d'une fonction $f(z)$ méromorphe pour $|z| < R$ couvrent à un nombre fini de feuillets l'un au moins des trois cercles C_1, C_2, C_3 sous la seule condition que $f(z)$ prenne pour $|z| < AR$ des valeurs appartenant à deux au moins des trois cercles C_i.

Soit alors

$$f(z) = a_0 + a_1 z + \ldots \tag{1}$$

une fonction holomorphe autour de l'origine. D'après le théorème de M. Landau, il existe un cercle $|z| < \Omega(|a_0|, C)/|a_1|$ dans lequel, ou bien $f(z)$ (prolongée suivant les rayons) cesse d'être holomorphe, ou bien $f(z)$ prend au moins une valeur appartenant à un cercle donné C. En se donnant deux cercles C_1, C_2 extérieurs l'un à l'autre et en prenant pour C_3 l'extérieur d'un cercle contenant C_1 et C_2, l'application du théorème de Landau et du théorème d'Ahlfors donne ce résultat :

I. C_1 et C_2 *étant deux cercles finis donnés, extérieurs l'un à l'autre,* a_0 *et* a_1 *étant aussi donnés, il existe un cercle*

$$|z| < \Theta(|a_0|, C_1, C_2)/|a_1|$$

---

[1] Séance du 17 mai 1932.

[2] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 245-247 et 1145-1147.

[3] J'ai signalé les conséquences en question à M. Ahlfors dans une lettre du 7 mai; dans sa réponse, M. Ahlfors m'a fait savoir qu'il a donné des propositions analogues et d'autres plus générales dans un Mémoire en cours d'impression.

dans lequel, ou bien la fonction (1) *n'est pas holomorphe, ou bien ses valeurs couvrent à un nombre fini de feuillets l'un des deux cercles* C_1, C_2.

En suivant un processus connu, on en déduit une proposition généralisant le théorème de Schottky :

II. C_1 *et* C_2 *étant extérieurs l'un à l'autre et* $f(z)$ *holomorphe pour* $|z|<1$, *si ses valeurs ne couvrent à un nombre fini de feuillets ni* C_1 *ni* C_2, *on a pour* $|z|=r<1$,

$$|f(z)|<\mu[r, |f(0)|, C_1, C_2].$$

On en déduit des critères de famille normale.

2. En utilisant de façon analogue le théorème de la seconde Note de M. Ahlfors, on sera conduit à introduire quatre cercles dans le cas des fonctions holomorphes, et l'un sera couvert *à un seul feuillet*. En particulier, au théorème I correspond celui-ci,

III. *Si* C_1, C_2, C_3, C_4 *sont quatre cercles finis donnés, extérieurs les uns aux autres, et si* a_0 *et* a_1 *sont aussi donnés, la fonction* (1), *si elle est holomorphe dans le cercle*

$$(2) \qquad |z|<\Omega_1[(C_1, C_2, C_3, C_4), |a_0|]/|a_1|,$$

couvre à un feuillet l'un au moins des quatre cercles.

La fonction Ω_1 ne dépend que de $|a_0|$ et de la configuration formée par les quatre cercles et l'origine. En prenant $a_0=0$ et $a_1=1$ et supposant $f(z)$ holomorphe pour $|z|<1$, on voit que III s'applique à la fonction obtenue en posant $z'=kz$, $Z'=kZ$, k désignant la valeur du second membre de (2) pour $a_0=0$ et $a_1=1$. On trouve ainsi le théorème de M. Bloch sous la forme suivante :

IV. *Si* $f(z)$ *est holomorphe pour* $|z|<1$, $f(0)=0$, $f'(0)=1$ *et si*, C_1, C_2, C_3, C_4 *sont quatre cercles finis donnés du plan des* Z *extérieurs les uns aux autres, il existe un nombre* $k=k(C_1, C_2, C_3, C_4)$ *tel que, pour chaque* ω, $f(z)$ *couvre à un seul feuillet l'un des quatre cercles obtenus en faisant sur les quatre cercles donnés l'homothétie rotation* $(Z, Z/ke^{i\omega})$.

En prenant la même valeur pour les arguments des centres des quatre cercles, on obtient un cercle de Bloch d'orientation arbitraire, dans tous les cas, la distance du cercle couvert à l'origine est finie, résultat qui n'avait pu être obtenu jusqu'ici par les autres méthodes [1].

[1] M. Ahlfors m'a fait remarquer que le théorème de Bloch, avec ces compléments, résulte aussi de la proposition I.

3. Les théorèmes de M. Ahlfors s'appliquent de suite autour des points de Julia d'une fonction méromorphe. Par exemple, d'une façon précise, pour une fonction holomorphe autour du point à l'infini, de module maximum $M(r)$, C_1 et C_2 étant deux cercles donnés finis, extérieurs l'un à l'autre, et $k < 1$, il existe des cercles $|z - z_n| < |z_n| H(k) / \log M(k|z_n|)$, $z_n \to \infty$, dans chacun desquels $f(z)$ couvre à un nombre fini de feuillets l'un au moins des cercles C_1, C_2. On a un résultat analogue pour les fonctions méromorphes d'ordre positif en remplaçant $\log M(r)$ par $\sqrt{T(r)}$. En remplaçant les cercles C_i par d'autres domaines, on obtient des résultats déjà très voisins de ceux que l'intuition fait pressentir.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la mesure du couple de frottement d'un arbre dans ses coussinets*. Note de MM. **M. Delfosse** et **R. Swyngedauw**, présentée par M. E. Jouguet.

Nous avons mesuré le couple de frottement d'un arbre tournant dans ses coussinets en lui transmettant le mouvement par un arbre auxiliaire, mû par courroie et moteur électrique, relié au premier par l'intermédiaire d'une lame de très bon acier de longueur et de section convenablement choisies jouant le rôle de dynamomètre de transmission. La lame est préalablement étalonnée par une méthode statique, qui permet de faire correspondre un couple déterminé à un angle de torsion donné. Afin d'éviter une déformation permanente de la lame, un système de butoirs portés par les deux bouts d'arbre contigus transmet directement le mouvement au démarrage, et, en général, quand le couple transmis dépasse la valeur qu'on ne veut pas dépasser.

En marche, l'angle de torsion est mesuré par un système de contacts électriques portés par les bouts d'arbre moteur et mené. A cet effet, on fixe sur chacun d'eux un disque isolant en fibre dans lequel on insère une lamelle mince affleurant la jante suivant une parallèle à l'axe de rotation. Cette lamelle est soudée d'autre part à un anneau plat en laiton fixé sur la base du disque isolant et sur lequel frotte un frotteur f formé d'une lamelle de laiton. Un autre frotteur F appuie sur la jante du disque.

On relie ensemble les frotteurs F par un fil de cuivre et l'on joint chacun des frotteurs f respectivement à une des bornes d'une pile ou du réseau par l'intermédiaire d'un circuit résistant et d'un galvanomètre. Lorsque les

frotteurs F touchent simultanément les contacts métalliques de leur disque isolant, un courant passe, et le galvanomètre dévie.

Pour repérer en marche la position des contacts, le frotteur F de l'arbre moteur est porté par un curseur coulissant sur la périphérie d'un anneau métallique A fixe, gradué en degrés, dont le plan est perpendiculaire à l'axe de rotation et dont le centre est sur cet axe. De cette manière, l'azimut du contact du frotteur F avec la jante du disque de l'arbre moteur peut faire un angle quelconque avec celui de la ligne de contact fixe du frotteur F avec la jante du disque isolant de l'arbre mené. La position de l'azimut du frotteur F de l'arbre menant est repéré avec précision sur l'anneau gradué A grâce au vernier dont est muni le curseur. Ce dispositif permet de mesurer l'angle de torsion des arbres menant et mené en marche.

A cet effet, on commence par régler la position des frotteurs F quand les arbres ne tournent pas, de façon que lorsque la lame est sans torsion, les deux frotteurs F touchent chacun la jante de leurs disques isolants sur la génératrice métallique, permettant ainsi le passage du courant à travers le galvanomètre.

Si l'on fait tourner les arbres, la lame dynamométrique se tord d'un angle proportionnel au couple transmis et si les frotteurs ont gardé la même position qu'au repos, le circuit électrique ne peut se fermer à aucun instant, car les frotteurs F ne se posent pas simultanément sur les génératrices métalliques de leurs disques. Pour que les contacts simultanés soient possibles, il faut tourner le curseur à vernier qui porte le frotteur du disque de l'arbre menant, dans le sens du mouvement, d'un angle égal à l'angle de torsion de la lame. La simultanéité des contacts des deux frotteurs F sur la génératrice méttallique des jantes des disques isolants est réalisée une fois par tour d'arbre et pendant un temps très court; elle est signalée par un courant instantané à travers le galvanomètre dont on peut régler l'intensité par un rhéostat.

On peut ainsi dèterminer avec toute la précision désirable l'angle de torsion de la lame dynamométrique et par suite le couple transmis, à condition que l'on puisse admettre que la graduation de la lame par la méthode statique reste valable en marche.

Nous nous en sommes assurés de deux façons :

1° Nous avons vérifié que le couple mesuré par la lame est pratiquement identique à celui que l'on détermine dans les mêmes conditions de température et de charge par la méthode de ralentissement lorsque l'arbre porte un volant de masse suffisante pour que la vitesse baisse assez lentement pour permettre une évaluation précise du couple.

2° Nous avons remplacé par deux paliers analogues les deux paliers essayés et placé ceux-ci sur l'arbre entre les paliers extrêmes, de façon que la distance entre centres des deux paliers voisins quelconques soit égale au tiers de la distance entre centres des paliers extrêmes. Les deux paliers intermédiaires sont rendus solidaires entre eux par un bâti en fer muni de bras de levier supportant des plateaux pouvant recevoir des poids. On forme ainsi une balance dynamométrique dont on repère la position au repos à l'aide de poids convenables, de façon qu'une pointe portée par le levier de cette balance se place devant un repère fixe.

Lorsque l'arbre tourne, le système des deux paliers intermédiaires est entraîné dans le sens du mouvement et, pour ramener la pointe au repère, il faut ajouter dans le plateau de la balance des poids supplémentaires tels que leur moment de rotation équilibre le couple de frottement de l'arbre sur les deux coussinets intermédiaires.

Si les coussinets sont à billes, le couple ainsi mesuré est égal au couple de frottement de l'arbre tournant dans ces deux paliers. L'expérience montre qu'à charge égale ce couple est égal au couple de torsion précédemment déterminé par la lame dynamométrique étalonnée statiquement, quand l'arbre pose uniquement sur les deux paliers intermédiaires.

La force centrifuge n'introduit pas de couple supplémentaire et ne modifie pas d'une façon appréciable le couple de torsion mesuré à l'état statique.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Application de la méthode de la variation des constantes au problème des n corps à masses variables.* Note de M. **M. Mendes**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. En prenant pour variables les coordonnées x_i, y_i, z_i et les composantes p_i, q_i, r_i de la quantité de mouvement des points du système, les équations du problème des n corps à masses variables sont

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} &\frac{dx_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial p_i},\\ &\frac{dp_i}{dt} - \frac{p_i}{m_i}\frac{dm_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial x_i}, \qquad \ldots, \end{aligned}\right.$$

où $H = T - U$.

L'emploi des coordonnées et des composantes de la vitesse fournit une forme plus symétrique

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned} &\frac{dx_i}{dt} = \frac{1}{m_i}\frac{\partial H}{\partial x'_i},\\ &\frac{dx'_i}{dt} = -\frac{1}{m_i}\frac{\partial H}{\partial x_i}, \qquad \ldots. \end{aligned}\right.$$

Un changement de variables effectué à la fois sur les coordonnées et sur le temps permet, dans le cas où $m_i = \mu_i\, \psi(t)$, d'obtenir des équations canoniques.

Si l'on savait intégrer le problème ordinaire des n corps, la méthode de Lagrange généralisée permettrait, à partir des équations (1), d'intégrer le problème à masses variables par l'intermédiaire des équations

$$\sum_{k=1}^{6n} [c_k, c_l] \frac{dc_k}{dt} + \sum_{k=1}^{n} [m_k, c_l] \frac{dm_k}{dt} + R_l = 0 \qquad (l = 1, 2, \ldots, 6n)$$

avec

$$R_l = \sum_{i=1}^{n} \frac{\frac{dm_i}{dt}}{m_i} \left(p_i \frac{\partial x_i}{\partial c_l} + q_i \frac{\partial y_i}{\partial c_l} + r_i \frac{\partial z_i}{\partial c_l} \right),$$

les c étant les constantes d'intégration du problème à masses fixes.

Les crochets qui s'introduisent étant considérés comme fonctions de t, des c et des m, si α et β représentent deux variables autres que les masses, on a

$$\frac{\partial}{\partial t}[\alpha, \beta] = 0, \qquad \frac{\partial}{\partial t}[\alpha, m_k] = \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(\frac{V_k^2}{2} + f \sum_{j \neq k} \frac{m_j}{r_{jk}} \right).$$

2. Comme application, on montre qu'en général, étant données n surfaces, on peut déterminer les masses en fonctions du temps pour que les trajectoires des n points soient situées chacune sur une de ces surfaces et, de plus, on pourra choisir les conditions initiales de telle sorte que ces trajectoires passent chacune par trois points donnés de ces surfaces, ou par deux points, la vitesse en l'un de ces points étant donnée.

3. Les équations du mouvement relatif du corps M_i par rapport à l'un des corps M_0 sont de la forme

$$(3) \qquad \begin{cases} \dfrac{dx_i}{dt} = \dfrac{\partial (H - R_i)}{\partial x'_i}, \\ \dfrac{dx'_i}{dt} = -\dfrac{\partial (H - R_i)}{\partial x_i}, \qquad \ldots \end{cases}$$

La méthode précédente appliquée à partir des équations

$$\begin{cases} \dfrac{dX_i}{dt} = \dfrac{\partial H}{\partial X'_i}, \\ \dfrac{dX'_i}{dt} = -\dfrac{\partial H}{\partial X_i}, \qquad \ldots \end{cases}$$

amène à considérer, pour chaque corps M_i, les crochets $[c_{ik}, c_{il}]$, $[c_{ik}, \mu_i]$, où k et l prennent les valeurs 1, 2, ..., 6 et où $\mu_i = m_0 + m_i$.

α et β étant deux de ces variables autres que μ_i, on a

$$\frac{\partial}{\partial t}[\alpha, \beta] = 0, \qquad \frac{\partial}{\partial t}[\alpha, \mu_i] = f\frac{\partial}{\partial \alpha}\left(\frac{1}{r_i}\right),$$

où r_i désigne la distance M_0M_i.

Si l'on prend pour les c les éléments osculateurs a, e, ε, ϖ, θ, φ de l'orbite de M_i, leurs variations seront données par les équations

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned}
\frac{da}{dt} &= \frac{2}{na}\frac{\partial R}{\partial \varepsilon} - \frac{a}{\mu}\frac{1+e\cos u}{1-e\cos u}\frac{d\mu}{dt},\\
\frac{d\theta}{dt} &= \frac{1}{na^2\sqrt{1-e^2}\sin\varphi}\frac{\partial R}{\partial \varphi},\\
\frac{d\varpi}{dt} &= \frac{\tang\frac{\varphi}{2}}{na^2\sqrt{1-e^2}}\frac{\partial R}{\partial \varphi} + \frac{\sqrt{1-e^2}}{na^2e}\frac{\partial R}{\partial e} - \frac{\sqrt{1-e^2}\sin u}{2\mu e}\frac{d\mu}{dt},\\
\frac{de}{dt} &= -\frac{\sqrt{1-e^2}}{na^2e}\frac{\partial R}{\partial \varpi} - \sqrt{1-e^2}\,\frac{1-\sqrt{1-e^2}}{na^2e}\frac{\partial R}{\partial \varepsilon} - \frac{(1-e^2)\cos u}{\mu(1-e\cos u)}\frac{d\mu}{dt},\\
\frac{d\varphi}{dt} &= \frac{-1}{na^2\sqrt{1-e^2}\sin\varphi}\frac{\partial R}{\partial \theta} - \frac{\tang\frac{\varphi}{2}}{na^2\sqrt{1-e^2}}\left(\frac{\partial R}{\partial \varpi} + \frac{\partial R}{\partial \varepsilon}\right),\\
\frac{d\varepsilon}{dt} &= -\frac{2}{na}\left(\frac{\partial R}{\partial a}\right) + \frac{\tang\frac{\varphi}{2}}{na^2\sqrt{1-e^2}}\frac{\partial R}{\partial \varphi} + \sqrt{1-e^2}\,\frac{1-\sqrt{1-e^2}}{na^2e}\frac{\partial R}{\partial e}\\
&\quad + \frac{\left(1+e^2-\sqrt{1-e^2}\right)\sin u}{2\mu e}\frac{d\mu}{dt},
\end{aligned}\right.$$

où la notation $(\partial R/\partial a)$ indique que l'on doit prendre la dérivée de R par rapport à a sans faire varier n.

Ces résultats généralisent ceux donnés par M. Mineur [1] dans le cas de deux corps.

---

[1] *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 663.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques problèmes de vibrations élastiques*. Note de MM. **V. Smirnoff** et **S. Soboleff**, présentée par M. Hadamard.

Dans une Note précédente (¹) nous avons indiqué une méthode nouvelle pour la solution du problème plan des vibrations élastiques et nous avons appliqué cette méthode au cas des vibrations du demi-plan $y > 0$ sous l'action d'une source de vibrations longitudinales concentrée en un point $x = 0$, $y = f$ au moment $t = 0$. Maintenant nous allons considérer la source de vibrations transversales. Cette source est donnée par le potentiel

$$\psi = R[\Psi(\theta_1)], \tag{1}$$

où R est le symbole de la partie réelle et θ_1 est définie par l'équation

$$t - \theta_1 x + \sqrt{b^2 - \theta_1^2}\,(y - f) = 0 \tag{2}$$

qui fait correspondre aux rayons du faisceau conique

$$t^2 - b^2[x^2 + (y - f)^2] \geqq 0 \tag{3}$$

les points du plan θ_1 avec la coupure $(-b, +b)$. La moitié de ce faisceau coupe le plan $y = 0$ et les points d'intersection forment le domaine

$$t^2 - b^2(x^2 + f^2) \geqq 0. \tag{4}$$

De chaque point de ce domaine sortent deux rayons, l'un pour le potentiel réfléchi φ_1 des vibrations longitudinales et l'autre pour le potentiel ψ_1 des vibrations transversales. Les équations

$$t - \theta_2 x - \sqrt{a^2 - \theta_2^2}\,y - \sqrt{b^2 - \theta_2^2}\,f = 0, \qquad t - \theta_3 x - \sqrt{b^2 - \theta_3^2}\,(y + f) = 0 \tag{5}$$

font correspondre aux rayons de ces deux faisceaux réfléchis les demi-plans supérieurs des variables θ_2 et θ_3. Nous avons

$$\varphi_1 = R[\Phi_1(\theta_2)]; \qquad \psi_1 = R[\Psi_1(\theta_3)],$$

où

$$\Phi_1'(\theta) = \frac{4\theta(2\theta^2 - b^2)\sqrt{b^2 - \theta^2}}{F(\theta)}\,\Psi'(\theta);$$

$$\Psi_1'(\theta) = \frac{-(2\theta^2 - b^2)^2 + 4\theta^2\sqrt{a^2 - \theta^2}\sqrt{b^2 - \theta^2}}{F(\theta)}\,\Psi'(\theta);$$

$$F(\theta) = (2\theta^2 - b^2)^2 + 4\theta^2\sqrt{a^2 - \theta^2}\sqrt{b^2 - \theta^2}. \tag{6}$$

(¹) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1437.

Aux points du domaine (4) du plan $y=0$, les valeurs θ_1, θ_2 et θ_3 coïncident, et sur le segment de l'hyperbole $t^2-b^2(x^2+f^2)=0$, dont les points correspondent aux valeurs réelles de θ qui satisfont aux conditions $b>|\theta|>a$, les rayons du potentiel φ_1 glissent sur le plan $y=0$, les rayons réfléchis étant contenus dans ce plan; et ce potentiel est différent de zéro hors du domaine (4). En effet, la première des équations (5) donne, après la séparation des parties réelle et imaginaire,

$$y=0, \qquad t-x\theta^2-\sqrt{b^2-\theta_2^2}\,f=0,$$

si θ_2 est réelle et $b>|\theta_2|>a$.

Le faisceau de rayons du potentiel ψ_1 forme un cône de sommet $\chi=0$, $y=-f$, $t=0$. Dans le cas présent nous devons prolonger le potentiel ψ_1 hors de ce cône. Soit U_α la partie du plan tangent à ce cône le long de la génératrice à laquelle correspond la valeur $\theta=\alpha$ entre le cône et le plan $y=0$. Pour $-b<\alpha\leqq-a$ ou $a\leqq\alpha<b$, nous devons poser

$$\psi_1=\mathrm{R}[\Psi_1(\alpha)]$$

sur U_α. Remarquons que la partie réelle de $\Psi(\theta)$ est égale à zéro pour $-b<\theta<b$, mais en vertu des formules (6) les parties réelles de $\Phi'_1(\theta)$ et $\Psi'_1(\theta)$ sont différentes de zéro pour $-b<\theta<a$ et $a<\theta<b$.

La méthode exposée fournit la loi générale de la réflexion du plan dans l'espace (S) aux coordonnées (x, y, t) du faisceau de rayons d'un type spécial. Pour ce type le potentiel (longitudinal ou transversal) est la partie réelle d'une fonction de θ régulière sur le demi-plan supérieur où θ est la racine d'une équation de la forme

$$t-\theta x\pm\sqrt{c^2-\theta^2}\,y=\chi(\theta) \qquad (c=a \text{ ou } b).$$

Il suit de ce fait que la méthode exposée plus haut donne la solution du problème des vibrations d'une couche limitée par des droites parallèles, ou des couches parallèles, aux constantes élastiques différentes, sous l'action de sources de vibrations du type signalé plus haut.

Si dans le cas du demi-plan $y>0$ la source est située sur le contour, nous obtenons par une voie élémentaire la solution complète du problème traité par M. Lamb [1].

En se servant de la méthode indiquée, on peut encore résoudre le pro-

---

[1] *Philos. Trans. Roy. Soc. London*, série A. **203**, 1904, p. 1-42.

blème général de l'élasticité, avec les conditions initiales données, pour le cas du demi-plan ou d'une couche.

Dans le cas de l'espace où l'on a la symétrie axiale, la solution des problèmes peut être obtenue par la superposition des vibrations planes. Soient (ρ, z, ϑ) les coordonnées cylindriques et q, w les composantes du déplacement sur les axes ρ et z. Nous avons

$$q = \frac{\partial \varphi}{\partial \rho} - \frac{\partial \psi}{\partial z}; \qquad w = \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \frac{\partial \psi}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho}\psi.$$

Pour le potentiel φ, nous avons une expression de la forme

$$\varphi = \mathrm{R}\int_0^{\pi} \Phi(\theta_\lambda)\,d\lambda,$$

où θ_λ est définie par une équation de la forme

$$t - \theta_\lambda \rho \cos\lambda \pm \sqrt{a^2 - \theta_\lambda^2} = \chi(\theta_\lambda),$$

et pour ψ nous avons une expression de la forme

$$\psi = \mathrm{R}\int_0^{\pi} \Psi(\theta_\lambda)\cos\lambda\,d\lambda.$$

MESURES ÉLECTRIQUES. — *Mise au point d'un pont de Nernst à grande précision.* Note de Mlle **Jacqueline Hadamard**, présentée par M. Jean Perrin.

La méthode bien connue du pont de Nernst pour la mesure des constantes diélectriques possède l'avantage de permettre l'étude des substances non isolantes. Trop souvent, pour accroître la sensibilité à la sortie, on est conduit à employer une trop grande énergie à l'entrée, en sorte que la partie de cette énergie qui est absorbée par le diélectrique l'échauffe d'une façon parfois exagérée et toujours sensible. Il y a donc un intérêt évident à ne faire passer par la substance qu'une intensité très petite, ce qui conduit à utiliser, à la sortie du pont, l'amplification par lampes.

Le problème est plus ardu qu'il ne le semble. Lorsqu'on utilise de fortes amplifications, les causes perturbatrices sont d'autant plus gênantes que la tension à mesurer est plus faible. On arrive ainsi à une limite pratique de l'amplification utile.

Il nous a semblé intéressant de chercher cette limite pratique et de réaliser un montage qui l'atteigne. Sa précision n'est actuellement déterminée que par la précision mécanique de la construction.

Si nous faisons abstraction des détails de technique, la méthode consiste en ceci qu'elle utilise l'amplification *sélective* pour réaliser la discrimination entre les parasites et le résidu d'énergie que le pont transmet.

La pratique nous a montré qu'un amplificateur à trois lampes (un étage détecteur et deux étages d'amplification basse fréquence accordés sur une même note audible) était largement suffisant.

En effet, la sensibilité purement électrique dépasse très largement celle des pointés et des reproductibilités purement mécaniques. Il faut songer que les condensateurs variables que l'on utilise, tant pour contenir la substance diélectrique que pour repérer les variations de capacité produites par elle, ne sont définis que par des appuis coulissants ou pivotants, dont la définition même est limitée par les difficultés de réalisation mécanique.

Il est intéressant de noter que cette limite pratique est à peu près indépendante de la quantité de substance dont on dispose, pourvu que celle-ci dépasse une trentaine de centimètres cubes. Si la substance est relativement rare et que l'on doive s'en tenir à des volumes de cet ordre, les difficultés mécaniques sont celles qui interviennent dans la construction du condensateur renfermant la substance. Si, au contraire, la substance est abondante, les difficultés sont reportées sur le deuxième condensateur, qui sert à mesurer les variations du premier.

Nous donnerons donc cette limite pour des volumes d'environ 40^{cm^3}. La reproductibilité mécanique est de l'ordre de $0,5.10^{-2}$ U. E. S., ce qui donne pour la capacité de l'appareil dans l'air (40 U. E. S.) une erreur relative de 1/4000e; il en résulte pour les pouvoirs inducteurs spécifiques une erreur à peine supérieure, l'erreur en présence du diélectrique devenant négligeable par rapport à la première, chaque fois que K dépasse 2. Pour un pouvoir inducteur spécifique de l'ordre de l'unité, l'erreur relative serait de 1/2000e.

Naturellement, cette précision ne correspond pas fatalement à l'exactitude des mesures. D'autres précautions sont à prendre, dont la plus importante semble être d'éviter les changements apportés par le diélectrique à la forme du champ. Cette erreur peut être évitée par l'emploi d'un condensateur Darbord [1], condensateur mobile à anneau de garde, permettant les mesures absolues.

---

(1) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1193.

Il nous semble avoir atteint la limite que peut donner cette méthode, grâce à l'élimination de toutes les erreurs dues à l'échauffement, aux changements de forme du champ, aux influences directes et à la méthode même de résonance. C'est sans aucun doute à ces erreurs que l'on doit la divergence des résultats des différents auteurs. Nous pensons que, malgré l'apparente précision signalée par eux, leurs mesures sont nécessairement entachées d'erreurs supérieures à celles dont ils croient devoir tenir compte.

MAGNÉTISME. — *Moments atomiques et points de Curie des ferro-silicium. Surstructures.* Note de M. **Maurice Fallot**, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai entrepris l'étude magnétique des alliages fer-silicium qui donnent des solutions solides dans un domaine assez étendu, allant jusqu'à environ 15 pour 100 de Si, soit 26 pour 100 atomiques.

La figure 1 reproduit l'ensemble des résultats obtenus, et donne la variation du moment μ, du coefficient de variation thermique σ_0/σ_{290}, et du point de Curie Θ, en fonction du titre atomique de l'alliage en silicium.

1. Les saturations ont été mesurées selon la méthode habituelle [1]. J'ai calculé ensuite le moment atomique moyen, pour chaque alliage, en divisant la saturation absolue par le nombre d'atomes-grammes contenus dans l'unité de masse. Ces moments sont exprimés en magnétons de Weiss.

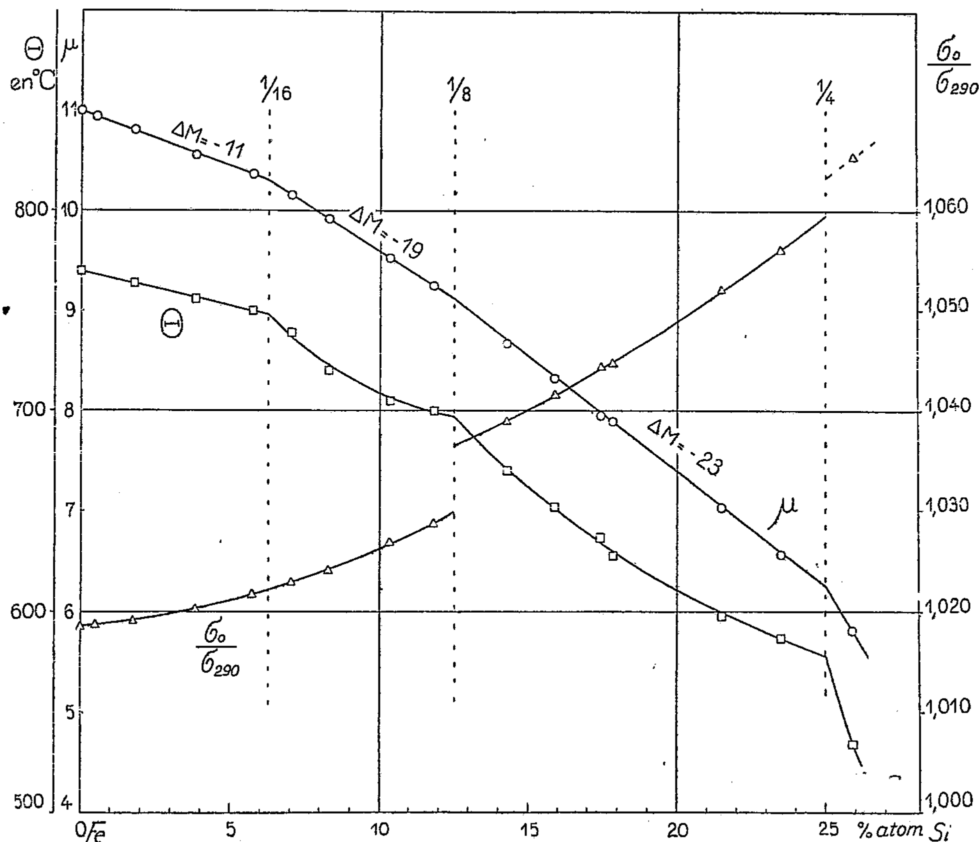
Les points ronds, représentant ces moments, ne déterminent pas une courbe, mais se placent sur trois droites, les coudes se produisant pour les concentrations 6,25 pour 100; 12,5 pour 100; tandis qu'un dernier point à 26 pour 100 est en dehors de la dernière portion rectiligne; celle-ci s'arrête donc à 25 pour 100 atomiques.

La variation linéaire du moment fait penser à un mélange de deux constituants de moments différents, le fait que les coudes ont lieu pour les concentrations indiquées, joint à ce que ces alliages possèdent le réseau du fer α, à cubes centrés [2], montre que l'on est en présence de surstructures de l'alliage : si l'on considère 8 mailles élémentaires de la structure du fer, représentant 16 atomes, dans l'alliage à 6,25 pour 100 (1/16), un atome

(1) P. Weiss et R. Forrer, *Ann. Phys.*, 12, 1929, p. 279.

(2) G. P. Phragmen, *Jern Kontorets Ann.*, 107, 1923, p. 21; *J. Iron and Steel Inst.*, 116, II, 1926, p. 397.

de Si se place au centre du système; dans l'alliage à 12,5 pour 100 (1/8), il y a un atome de Si au centre et d'autres occupent les sommets du cube; enfin dans l'alliage à 25 pour 100 (1/4), le réseau à cubes centrés du fer se trouve enchevêtré dans un réseau cubique à faces centrées, de maille double, constitué par les atomes de silicium.



Si l'on applique la méthode de Forrer (1) pour la discussion des moments atomiques dans les alliages, méthode qui utilise l'extrapolation de la droite initiale vers 100 pour 100 de Si, on obtient un moment nul ($\pm 0,2$) pour Si. Ce moment est différent de celui que Sadron a trouvé (2) : ce même élément, dissous dans le cobalt, a un moment de 18 magnétons. Cette

(1) R. Forrer, *J. Phys.*, 7e série, 1, 1930, p. 325.

(2) C. Sadron, *Thèse*, Strasbourg, 1932, à paraître prochainement aux *Annales de Physique*.

méthode fait encore intervenir les pentes des droites représentant les moments : celles-ci ont respectivement pour valeurs — 11, — 19 et — 23 pour les trois droites trouvées.

2. Cette série d'expériences donne, en même temps, les coefficients de variation thermique σ_0/σ_{290}. La courbe des variations thermiques (points triangulaires) présente une discontinuité remarquable à la concentration de 12,5 pour 100 et probablement aussi à 25 pour 100.

3. J'ai mesuré les points de Curie ferromagnétiques avec un nouveau dispositif enregistreur, mis au point en collaboration avec M. R. Forrer. On retrouve le résultat connu, à savoir que les points de Curie décroissent à mesure que la concentration en métal étranger au fer augmente, mais le grand nombre de points utilisés et la précision obtenue ont permis de constater que cette courbe est en réalité formée de trois portions, tournant leur concavité vers le haut, et les points anguleux donnent, avec une bonne précision (1 pour 100 d'erreur relative), les mêmes concentrations remarquables en Si, déterminant sur les structures.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le mode d'emploi d'un grand réseau de Rowland et sur l'étude de ses défauts.* Note de M. **Pierre Lacroute**, présentée par M. A. Cotton.

I. Les grands réseaux concaves sont des appareils peu lumineux, surtout si on les utilise en montage non stigmatique, comme le montage de Rowland, et quand la source dont on dispose est peu étendue, ce qui est le cas quand on étudie le phénomène de Zeeman.

En vue d'obtenir le stigmatisme tout en conservant le montage de Rowland, Runge et Mannkopff[1] ont indiqué un procédé permettant, à l'aide d'une lentille sphérique et d'une lentille cylindrique placées entre la source et la fente, d'arriver au résultat cherché et par suite à une bonne luminosité sur une zone assez étendue du spectre. Ce procédé exige malheureusement une fente et des lentilles ayant des dimensions de l'ordre de la longueur des traits du réseau, ce qui conduit à imposer aux lentilles des conditions d'une réalisation difficile. Nous avons utilisé un autre montage, suggéré également par Runge et Mannkopff, mais écarté par eux en raison surtout de l'imperfection du stigmatisme qu'il fournit. Ce procédé, qui a

---

(1) Runge et Mannkopff, *Zeitsch. f. Phys.*, 45, 1927, p. 13.

l'avantage d'accroître notablement la luminosité tout en donnant un stigmatisme grossier, n'a jamais été mis en œuvre jusqu'ici, à notre connaissance. Il consiste à projeter la source sur la fente à la manière ordinaire et à placer une lentille cylindrique à génératrices horizontales entre la fente et le réseau. La lentille cylindrique que nous avons utilisée est en quartz et de forme plan convexe. Elle doit être de bonne qualité; en particulier les génératrices du cylindre doivent être parallèles au plan de base, pour éviter autant que possible les effets de prisme (déplacement mutuel des divers ordres, raies parasites dues à des réflexions multiples). On arrive ainsi à obtenir des spectres de 5 à 10 fois plus lumineux qu'en l'absence de lentilles, et nous avons vérifié que les décompositions Zeeman restent très nettes avec ce montage.

II. Le réseau précédent est un réseau de Rowland de $6^m,40$ de rayon et de 110000 traits. Il fournit des images excellentes et possède approximativement son pouvoir séparateur théorique. Les raies sont néanmoins accompagnées comme d'habitude de ghosts ou raies fantômes des deux types signalés par Rowland et par Lyman. Ces derniers sont très faibles; les premiers, d'une intensité assez modérée, se réduisent en première approximation à quatre de chaque côté de la raie principale, les suivants n'apparaissent qu'avec de très fortes surexpositions. Leurs intensités respectives dans le deuxième ordre sont approximativement 10-3-4-2; cette répartition est assez anormale, les ghosts d'ordre pair étant ordinairement les plus intenses.

En plus de ces ghosts pour ainsi dire normaux, on observe au voisinage immédiat de la raie principale d'autres raies fines et faibles allant jusqu'à des distances de l'ordre du 3000e de la longueur d'onde dans le premier ordre, du 6000e dans le deuxième ordre. Ces raies parasites se reproduisent pour toutes les raies du même ordre. Il ne s'agit pas de maxima secondaires de diffraction, ainsi qu'on peut le vérifier aisément, mais probablement d'un défaut du même genre que celui qui donne naissance aux ghosts de Lyman. Il y a lieu d'en tenir soigneusement compte dans les études de structures hyperfines.

III. Pour chercher l'origine de ces défauts, au lieu de photographier à la manière de Wood, les fronts d'onde au voisinage du réseau, nous utilisons le procédé suivant : on place en arrière de la raie étudiée l'objectif d'une lunette ou d'un appareil photographique mis au point sur le réseau; on supprime, avec des diaphragmes convenables placés sur le cercle de Rowland, certaines parties du complexe formé par la raie et ses défauts, et l'on observe

ou photographie les modifications d'aspect subies par le réseau. On constate ainsi, entre autre chose, que le premier tiers du réseau a un aspect tout à fait différent des deux autres tiers; et l'on vérifie aussi qu'effectivement ces deux portions se comportent en quelque sorte comme deux réseaux différents juxtaposés, donnant une répartition très différente des intensités de leurs ghosts de Rowland. Le premier ghost est 3 fois moins intense pour le premier tiers de ce réseau que pour les deux autres tiers. Il est même remarquable que dans ces conditions les raies puissent être d'aussi bonne qualité. La même méthode d'étude permet d'observer beaucoup d'autres particularités dans la production des images.

POLARISATION ROTATOIRE. — *Influence des solvants et de la température sur les pouvoirs rotatoires et les dispersions de corps actifs.* Note de M. **R. Lucas** et Mlle **D. Biquard**, présentée par M. A. Cotton.

En vue d'établir des relations entre les structures des corps actifs et l'influence des solvants et de la température sur leurs pouvoirs rotatoires nous avons étudié les molécules suivantes : acide phényllactique, acide monophénylsuccinique et son éther diméthylique, acide diphénylsuccinique.

Nous ne donnons ici qu'une partie des résultats expérimentaux relatif aux divers solvants étudiés. Les désignations $[\alpha]_J$, $[\alpha]_V$, $[\alpha]$, sont utilisées pour les pouvoirs rotatoires *spécifiques* pour les raies $\lambda' = 5780$ Å, $\lambda = 5460$ Å et $\lambda = 4358$ Å du mercure, nous indiquons également la dispersion, ou quotient $[\alpha]_I/[\alpha]_J$.

Acide phényllactique droit.

(Température de 17°,5 à 18°C.; concentration de 2g à 7g pour 100cm³.)

Solvants.	$[\alpha]_J$.	$[\alpha]_V$.	$[\alpha]_I$.	$[\alpha]_I/[\alpha]_J$.
$CHCl^3$	+32°,7	+37°,3	+59°,6	1°,82
CH^3OH	+18,93	+21,41	+32,85	1,73
$CH^3.CH^2OH$	+18,75	+21,04	+32,39	1,72

Acide monophénylsuccinique droit.

(Température de 19° à 22° C.; concentration de 0g,6 à 4g pour 100cm³.)

Solvants.	$[\alpha]_J$.	$[\alpha]_V$.	$[\alpha]_I$.	$[\alpha]_I/[\alpha]_J$.
SO^4H^2 pur	+ 64°,9	+ 73°,3	+128°,5	1,97
$CH^3.CH^2OH$	+152,9	+174,6	+312,9	2,04
$CH^3.CO.CH^3$	+179,8	+205,9	+370,5	2,06

Éther diméthylique de l'acide monophénylsuccinique droit.

Températures.	$[\alpha]_J$.	$[\alpha]_V$.	$[\alpha]_I$.	$[\alpha]_I/[\alpha]_J$.
21° C.	+155°	+178°	+321°	2,07
121° C.	+116,5	+133,3	+238,5	2,05
155° C.	+106,5	+122,6	+220,6	2,07

Éther diméthylique de l'acide monophénylsuccinique droit.

(Température de 18°,5 à 20° C.; concentration de $2^g,2$ à $8^g,4$ pour 100^{cm^3}.)

Solvants.	$[\alpha]_J$.	$[\alpha]_V$.	$[\alpha]_I$.	$[\alpha]_I/[\alpha]_J$.
SO^4H^2 pur	+ 60°	+ 69°	°	
C^6H^{12}	+167,9	+193,4	+345,6	2,05
CS^2	+187	+215,1	+392,5	2,09

Acide diphénylsuccinique droit.

(Température de 18° à 21° C.; concentration de $0^g,8$ à 1^g pour 100^{cm^3}.)

Solvants.	$[\alpha]_J$.	$[\alpha]_V$.	$[\alpha]_I$.	$[\alpha]_I/[\alpha]_J$.
SO^4H^2 pur	+240°,5	+275°,2	+500°,9	2,08
CH^3OH	+366,8	+418,8	+755,8	2,06
$CH^3.CO.CH^3$	+390,9	+450	+814,7	2,08

L'ensemble des valeurs précédentes permet de dégager les conclusions suivantes. Les composés étudiés présentent (de manière analogue aux composés tartriques) des variations importantes des pouvoirs rotatoires et des dispersions suivant les solvants et suivant la température. En dehors de l'acide diphénylsuccinique, les pouvoirs rotatoires de ces composés ne fournissent pas de diagramme de Darmois de mélanges binaires. On ne peut donc rendre compte des anomalies ci-dessus signalées par l'hypothèse de deux formes actives.

En ce qui concerne l'acide phényllactique, on peut remarquer que sa dispersion est, en solution dans les alcools éthylique et méthylique, notablement plus petite que celle requise par la formule de Biot $\alpha = A/\lambda^2$. Il est possible de voir que dans ce cas la dispersion n'est pas compatible avec la représentation par une formule de Drude à un seul terme $\alpha = A/(\lambda^2 - \lambda_0^2)$. Selon toute vraisemblance il faut considérer ce fait comme dû à l'existence (en équilibre) d'une forme gauche de cet acide dextrogyre. Cette hypothèse se trouve d'ailleurs renforcée par ce fait que les éthers éthylique et méthylique sont susceptibles d'être dextro ou lévogyre suivant les solvants employés.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Rôle des réflexions multiples dans les effets Kerr magnéto-optiques des couches minces de fer.* Note de M. **Marcel Cau**, présentée par M. A. Cotton.

Mes expériences sur les effets magnéto-optiques des couches minces de fer déposées sur verre ([1]) m'avaient révélé, pour les petites épaisseurs, des valeurs anormalement grandes des ellipticités par réflexion qui accompagnent les rotations (effet Kerr proprement dit). Il était naturel de chercher l'explication de ce fait dans les réflexions multiples à l'intérieur des couches de fer.

Dans une précédente Note ([2]) j'ai indiqué le résultat du calcul des effets par transmission pour diverses épaisseurs : le principe de calcul indiqué alors s'applique également aux effets par réflexion sur la face libre du métal (effet Kerr) ou sur la face de la couche de fer en contact avec le verre (pour abréger effet Kerr-verre).

Je conserve les notations employées précédemment. Négligeant les réflexions multiples à l'intérieur de la lamelle de verre servant de support, on forme d'abord les facteurs complexes de réflexion applicables à chacune des vibrations non altérées.

Face libre :

$$\mathcal{F} = -a\,\frac{1 - \frac{a'}{a}x^2}{1 - aa'x^2} = -a\,\frac{\mathfrak{M}}{\mathfrak{L}};$$

Face au contact du verre :

$$\mathcal{F}' = -a'\,\frac{1 - \frac{a}{a'}x^2}{1 - aa'x^2} = -a'\,\frac{\mathfrak{M}'}{\mathfrak{L}}.$$

σ, η, σ', η' représentant les effets cherchés, on a

$$\sigma = \sigma_0 + m_j - l_j, \qquad \sigma' = \sigma'_0 + m'_j - l_j,$$
$$\eta = \eta_0 - m_r + l_r, \qquad \eta' = \eta'_0 - m'_r + l_r,$$

où σ_0, η_0, σ'_0, η'_0 sont les effets limites pour les grandes épaisseurs ; l_r, m_r, m'_r sont les parties réelles de $1/2\,;\ \Delta\mathfrak{L}/\mathfrak{L}$, $1/2.\Delta\mathfrak{M}/\mathfrak{M}$, $1/2.\Delta\mathfrak{M}'/\mathfrak{M}'$ et l_j, m_j, m'_j sont les coefficients de j. Ce sont les termes correctifs dus aux réflexions

([1]) *Annales de Physique*, 10e série, **11**, 1929, p. 354-449.

([2]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1642.

internes dans le métal. Le calcul numérique de leur valeur indique que ces termes sont considérables pour les petites épaisseurs.

Ainsi que le montrent les résultats donnés plus loin, les effets par réflexion ne deviennent pratiquement constants, étant donnée la précision assez grande des mesures, que pour des épaisseurs dépassant 75 mμ.

Pour les très petites épaisseurs, η et surtout σ' et η' deviennent très grands (en valeurs absolues) : ainsi s'expliquent les fortes valeurs que j'avais observées. Mais les valeurs théoriques sont maintenant trop grandes pour les épaisseurs inférieures à 20 mμ. On peut chercher l'explication dans deux voies différentes :

1° L'existence de couches superficielles dont l'influence serait alors sensible : il est difficile de l'évaluer;

2° L'influence des réflexions multiples dans les lamelles de verre qui supportent les couches de fer. Cette action négligée dans les calculs précédents doit *a priori* acquérir de l'importance précisément pour les petites épaisseurs, la couche métallique étant alors très transparente : on peut effectuer le calcul en admettant certaines hypothèses qui paraissent légitimes et obtenir les valeurs Σ, H, Σ', H' des effets magnéto-optiques corrigés pour tenir compte de ces réflexions multiples (¹). Comme on pouvait le penser, les corrections ainsi apportées aux valeurs relatives à l'effet Kerr ordinaire sont petites et négligeables dès que l'épaisseur du fer est notable; il n'en est pas de même pour l'effet Kerr-verre, les valeurs de Σ' et H' sont ramenées, pour les petites épaisseurs, aux ordres de grandeur des effets réellement observés.

ζ.	$-\sigma$.	$-\eta$.	$-\sigma'$.	$-\eta'$.	$-\Sigma$.	$-$H.	$-\Sigma'$.	$-$H'.
0	0	0	0	0	−2	0	2,6	0
5	9,8	22,3	73,3	59,3	+8,4	18,2	31,3	22,8
10	12,0	19,3	36,6	40,1	11,2	17,4	31,8	29,8
15	12,1	16,0	28,5	29,6	11,5	14,9	24,8	25,0
20	11,7	13,0	23,0	23,0	11,3	12,3	20,9	20,4
30	11,1	8,5	18,6	14,3	10,9	8,2	17,5	13,1
40	11,5	5,4	17,5	8,5	11,4	5,2	16,6	8,0
50	12,6	3,6	18,4	5,0	12,6	3,5	17,5	4,6
70	14,5	3,0	21,1	3,0	14,5	3,0	20,0	2,8
100	14,8	3,6	22,0	3,7	14,8	3,6	20,9	3,4

(ζ en millimicrons, effets magnéto-optiques en minutes sexagésimales).

(¹) Pour la comparaison avec l'expérience, je rappelle que j'ai effectué sur les mesures brutes de rotation Kerr-verre une correction simple pour tenir compte de la double traversée de la lamelle de verre, correspondant à une petite rotation positive.

Les valeurs indiquées dans le tableau ci-contre ont été calculées avec les paramètres admis dans ma précédente Note, en supposant que les lamelles de verre, d'indice $n' = 1,5$, donnent une double rotation magnétique ($2r = 5'$).

La comparaison avec les résultats expérimentaux révèle une petite discordance d'ensemble qui rendra sans doute nécessaire une modification des paramètres admis ici. L'allure générale des courbes théoriques est satisfaisante.

SPECTROCHIMIE. — *Sur quelques solutions organiques d'iode.* Note (1) de M. M. CHATELET, présentée par M. G. Urbain.

On a étudié les spectres d'absorption de solutions d'iode dans quelques mélanges de solvants. Les couples étudiés sont : (Groupe I) : benzène avec acétone, acétate d'éthyle ou chloroforme ; (Groupe II) : tétrachlorure de carbone avec benzène, acétone, acétate d'éthyle ou chloroforme. Pour chaque couple les diverses solutions étaient telles que de l'une à l'autre la

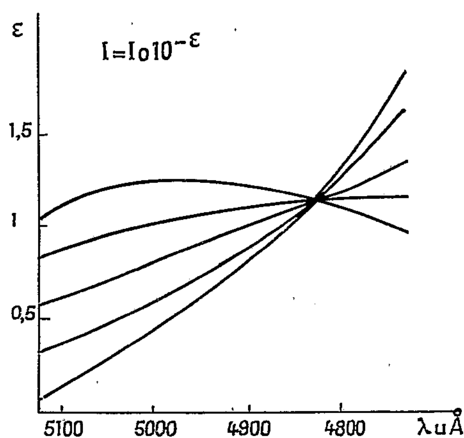


Fig. 1.

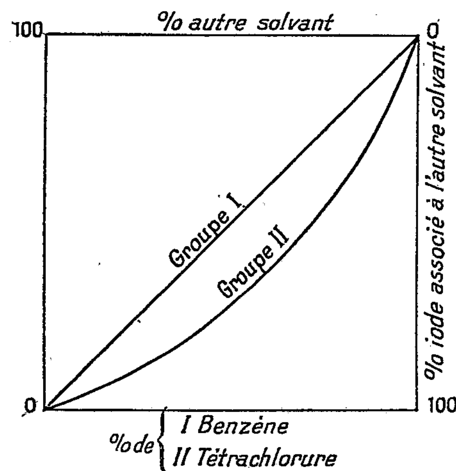


Fig. 2.

masse d'iode dissoute par centimètre cube de solution restât constante tandis que variait le rapport des volumes des deux solvants.

Pour les deux groupes, les courbes d'absorption obtenues sont telles que

(1) Séance du 2 mai 1932.

toutes celles relatives à un couple donné ont un point commun et l'une quelconque des courbes relatives à ce couple est une fonction linéaire des courbes correspondant aux solutions d'iode dans les deux solvants purs. La différence essentielle entre les deux groupes est la suivante : pour le groupe I, les coefficients, par lesquels il faut multiplier les ordonnées des courbes relatives aux solutions dans les solvants purs pour obtenir la courbe relative à un mélange, sont précisément les rapports des volumes de ces solvants présents dans le mélange au volume total de ce mélange. Autrement dit, l'iode semble partagé entre les deux solvants proportionnellement aux volumes de ceux-ci, et le spectre d'absorption de l'iode associé à l'un d'eux est identique à celui qu'on obtiendrait en dissolvant cette même quantité d'iode dans un volume de ce solvant égal au volume total de la solution. Pour le groupe II, la loi n'est plus la même et les courbes des mélanges s'écartent davantage de la courbe du tétrachlorure de carbone que ne l'impliquerait la loi précédente.

Dans ces conditions, si l'on représente par des courbes les proportions d'iode qui dans chaque cas donnent le spectre de l'un des solvants, on obtient des courbes de deux types : celles du groupe I sont toujours des droites; celles du groupe II tournent leur concavité vers le point représentatif du solvant couplé avec le tétrachlorure.

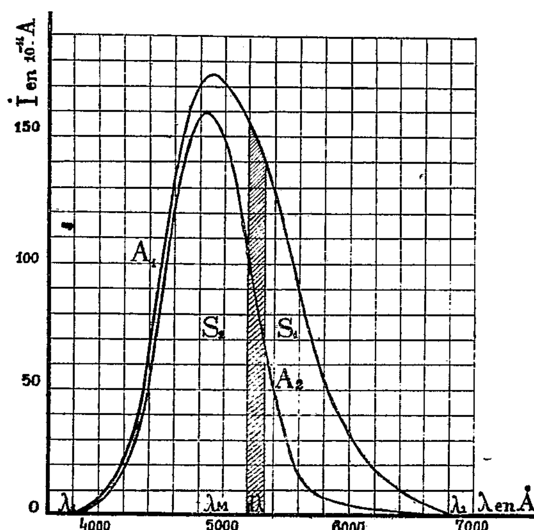
PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Influence de la lumière diffusée sur les mesures photo-électriques*. Note de M. **Trajan D. Gheorghiu**, présentée par M. A. Cotton.

Une longue série d'expériences sur la mesure des pouvoirs absorbants par les cellules photo-électriques m'a montré que la diffusion de la lumière peut entraîner dans de telles mesures de graves erreurs. Ce rôle important de la lumière diffusée tient à ce que la cellule réagit à diverses radiations comprenant un intervalle spectral assez étendu.

Supposons d'abord pour un instant que la diffusion n'intervienne pas du tout. Dans le spectre continu d'une source (filament incandescent) plaçons une fente étroite laissant passer seulement les radiations comprises entre les longueurs d'onde très voisines λ et $\lambda + d\lambda$ et relevons les intensités $I d\lambda$ des courants produits dans la cellule par ce faisceau de radiations. La courbe donnant I en fonction de λ peut être appelée *courbe d'activité* de la source étudiée avec cette cellule. Elle dépend à la fois de la source et de la

cellule; elle ne se confond pas avec la courbe de sensibilité sélective de la cellule.

La figure représente une courbe A_1 obtenue expérimentalement avec une cellule Serpi et une lampe Philips à ruban de tungstène, consommant 12 ampères. On voit que les ordonnées s'élèvent rapidement à partir d'une longueur d'onde λ_1 voisine de 3800 Å, atteignent un maximum, puis décroissent pour s'annuler vers λ_2 voisin de 6800 Å. Nous appellerons S_1 l'aire



comprise entre la courbe A_1 et l'axe des λ. Sur la même figure on a représenté une courbe A_2 obtenue dans les mêmes conditions, mais en interposant sur le faisceau une cuve absorbante (solution de sulfate cuivrique à 25 pour 100 sous 3^{cm} d'épaisseur.

A_2 est la courbe d'activité de la même source modifiée par l'absorption, l'aire S_2 correspondante est plus petite que S_1.

Si la diffusion pouvait être négligée, la fraction de la lumière transmise, pour une longueur d'onde donnée, par le corps absorbant, s'obtiendrait aussitôt en prenant simplement le rapport des ordonnées I_2/I_1 des points correspondant à l'abscisse λ des deux courbes A_2 et A_1. Les courants mesurés dans le petit intervalle $d\lambda$ sont en effet représentés par les aires ds_2 et ds_1 représentées sur la figure et le rapport $ds_2/ds_1 = I_2/I_1$.

Tenons compte maintenant de la diffusion. Lorsqu'on détermine la courbe d'activité A_1, outre les radiations formant le spectre, arrivent, se superposant à elles, des radiations diffusées, qui ne sont pas décomposées

spectralement comme les précédentes. Si toute cette lumière diffusée atteignait la cellule, le courant correspondant serait mesuré par une aire $m_1 S_1$ plus petite que S_1.

Admettons, pour simplifier, que cette énergie parasite soit répartie uniformément dans toute l'étendue du spectre. La fente ne laisse passer de la lumière diffusée qu'une fraction égale à $pm_1 S_1 = S'_1$ où p désigne le rapport $d\lambda/\lambda_2 - \lambda_1$. Le courant parasite dû à la diffusion, mesuré par cette aire très petite vis-à-vis de S_1, n'est cependant pas négligeable vis-à-vis du courant mesuré par l'aire ds_1 qu'on aurait s'il n'y avait pas de diffusion et l'erreur relative égale à $pm_1 S_1/ds_1$, sur chaque ordonnée de la courbe A_2, peut être importante. Il en est de même pour la courbe A_2, l'énergie diffusée traversant la fente produit un courant parasite qu'on exprimera par $pm_2 S_2 = S'_2$ (m_2 étant différent de m_1, puisque les causes de diffusion ne sont pas les mêmes dans ce second cas). L'erreur relative sur le courant ds_2 est égale à $pm_2 S_2/ds_2$, elle peut être importante elle aussi.

Ces erreurs sont évidemment d'autant plus importantes que S_1 et S_2 sont grands et ds_1 et ds_2 plus petits (mesures faites loin des maxima des courbes d'activité).

Si l'on admet par exemple pour pm_1 et pm_2 respectivement les valeurs 0,001 et 0,002 et si l'on évalue les erreurs relatives dans le cas de la figure, en confondant les courbes expérimentales et les courbes théoriques on trouve, pour $\lambda = 5500$ Å et $d\lambda = 30$ Å, les valeurs approchées $S_1 = 10^4 \text{mm}^2$, $S_2 = 10^4/2. \text{mm}^2$, $ds_1 = 100 \text{mm}^2$ et $ds_2 = 25 \text{mm}^2$. L'erreur relative sur le courant sans corps absorbant $0,001 S_1/ds_1$ atteint 0,1 et celle commise sur le courant avec corps absorbant 0,4.

L'erreur commise sur le facteur de transmission mesuré, égal à $ds_2 + S'_2/ds_1 + S'_1$, est elle-même importante. On ne peut pas calculer l'erreur commise ni même indiquer en général si la valeur trouvée est plus grande ou plus petite que la valeur vraie.

Lorsqu'on fait la mesure dans une bande étroite ou une raie d'absorption, la lumière diffusée est presque totalement transmise; on peut admettre alors $S'_2 = S'_1$. On voit que le pouvoir de transmission ainsi trouvé est alors trop grand.

On voit combien il faut se méfier dans ces mesures de l'action de la lumière diffusée. Comme on ne peut songer à corriger les erreurs qu'elle introduit, on aura soin de ne faire ces mesures photo-électriques qu'en employant des faisceaux bien purifiés (emploi de monochromateurs doubles ou de filtres appropriés).

On reconnaît que la lumière diffusée n'intervient plus lorsque, en variant l'épaisseur du filtre, on retrouve la même valeur pour le facteur de transmission mesuré au moyen du faisceau utilisé.

RADIOACTIVITÉ. — *Le ralentissement des rayons α dans l'air et la théorie de Bethe*. Note de M. **G. Mano**, présentée par M. Jean Perrin.

H. Bethe a donné récemment une théorie du passage des rayons corpusculaires rapides à travers la matière ([1]). En partant de la théorie des chocs de Born, il trouve l'expression suivante pour la diminution de la vitesse v de la particule le long du trajet p accompli dans le corps absorbant :

$$(1) \qquad -\frac{dv}{dp} = \frac{4\pi e^4 z^2 NZ}{mMv^3} \log \frac{2mv^2}{E},$$

où m et e représentent la masse et la charge de l'électron, M et ez la masse et la charge de la particule en mouvement, N le nombre d'atomes par centimètre cube, Z le nombre d'électrons par atome, E une constante caractéristique du corps absorbant, représentant une sorte d'énergie moyenne d'excitation de ses atomes.

On peut intégrer l'expression (1) et l'on obtient alors ([2]) :

$$(2) \qquad p_{v_0}^{v} = \frac{ME^2}{32\pi e^4 z^2 mNZ} \int_{x}^{x_0} \frac{e^x}{x} dx = AE^2 \left[\mathrm{Li}\left(\frac{4m^2 v_0^4}{E^2}\right) - \mathrm{Li}\left(\frac{4m^2 v^4}{E^2}\right) \right],$$

où $p_{v_0}^{v}$ est le parcours accompli par la particule dans le corps absorbant, v_0 sa vitesse initiale, v sa vitesse finale, $x = 2 \log 2mv^2/E$ et où le symbole Li représente le logarithme intégral.

Si l'on applique l'équation (2) au cas du ralentissement des rayons α dans l'air (à 15° et 760^{mm}Hg), la valeur numérique de la constante A est

$$A = 9,46 . 10^{17}.$$

Le calcul *a priori* de la constante ne peut être fait que moyennant des hypothèses symplificatrices. Pour l'air, Bethe donne E = 35 volts-élec-

---

([1]) *Ann. der Physik*, 5, 1930, p. 325.

([2]) Cf. P. M. S. Blackett, *Proc. Roy. Soc.*, A, 135, 1932, p. 132.

tron (¹). Des tables du logarithme intégral ont été publiées par J. Houël (²), qui donne également une formule d'interpolation pour les valeurs intermédiaires de la variable.

Les résultats d'expériences concernant le ralentissement des rayons α du ThC′ dans l'air ont été exposés dans une Note précédente (³). Si l'on compare ces résultats à ceux que donne l'équation (2) (en prenant pour E la valeur donnée par Bethe), on trouve un écart de l'ordre de 25 pour 100.

On peut, comme l'a déjà tenté Blackett (⁴), attribuer à E une valeur numérique telle que la formule (2) rende bien compte de l'expérience. Si l'on pose

$$E = 1{,}47.10^{-10}\ \text{erg} = 92\ \text{volts-électron},$$

l'accord devient très satisfaisant, comme on peut s'en assurer par l'examen du tableau suivant :

v.	p exp. (cm).	p calculé. E = 35 volts.	p calculé. E = 92 volts.
2,054.10⁹ cm/sec	0	0	0
1,922 »	1,64	1,33	1,65
1,707 »	3,80	3,03	3,81
1,597 »	4,68	3,73	4,68
1,400 »	5,91	4,68	5,91
1,200 »	6,83	5,36	6,82
1,000 »	7,38	5,81	7,42
0,800 »	7,79	6,10	7,82
0,600 »	8,05	6,24	8,05
0,400 »	8,35	6,32	8,20

Les valeurs expérimentales correspondant aux vitesses inférieures à $1{,}1.10^9$ cm/sec sont déduites d'un travail de G. H. Briggs (⁵).

Les écarts qui subsistent entre les valeurs calculées et les valeurs expérimentales ne présentent pas de caractère systématique et sont, à l'exception du dernier, inférieurs aux erreurs d'expérience possibles. L'expression (2) semble donc représenter la loi exacte de ralentissement des rayons α dans l'air, du moins jusqu'à $v = 6.10^8$ cm/sec. Seul reste à

(¹) *Loc. cit.*, p. 376.

(²) J. Houel, *Recueil de formules et tables numériques*, p. xxvii et 61; Paris, Gauthier-Villars.

(³) G. Mano, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1235.

(⁴) *Loc. cit.* Blackett donne E = 80 volts comme une limite inférieure.

(⁵) G. H. Briggs, *Proc. Roy. Soc.*, A, 114, 1927, p. 341.

expliquer le désaccord entre la valeur calculée et la valeur empirique de la constante E.

Les quatre premières vitesses figurant au tableau précédent sont respectivement celles des groupes de rayons α émis par le ThC′, le RaC′, le ThC (moyenne pondérée) et le Po [1]. Si Π sont les parcours moyens totaux de ces groupes, le tableau précédent donne :

$$\Pi_{\mathrm{ThC'}} - \Pi_{\mathrm{RaC'}} = 1^{\mathrm{cm}},65; \qquad \Pi_{\mathrm{ThC'}} - \Pi_{\mathrm{ThC}} = 3^{\mathrm{cm}},81; \qquad \Pi_{\mathrm{ThC'}} - \Pi_{\mathrm{Po}} = 4^{\mathrm{cm}},68.$$

Il en résulte :

$$\Pi_{\mathrm{RaC'}} = 6^{\mathrm{cm}},89; \qquad \Pi_{\mathrm{ThC}} = 4^{\mathrm{cm}},73; \qquad \Pi_{\mathrm{Po}} = 3^{\mathrm{cm}},86,$$

si l'on pose $\Pi_{\mathrm{ThC'}} = 8^{\mathrm{cm}},54$. Ces valeurs sont en bon accord avec celles que l'on trouve par d'autres méthodes. En faisant un calcul analogue pour le groupe principal de long parcours du ThC′ ($v = 2,250.10^9$ cm/sec) on trouve un parcours moyen $\Pi = 11^{\mathrm{cm}},52$, en parfait accord avec les dernières déterminations faites par ailleurs [2].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Études sur la température critique du sérum. Spectre d'absorption du sérum de cheval dans l'ultraviolet.* Note [3] de MM. **P.** et **M. Lecomte du Noüy**, présentée par M. Roux.

Poursuivant l'étude du spectre d'absorption du sérum normal de cheval non chauffé et chauffé à 55° et à 65°, nous avons effectué à ce jour 1429 spectres dans l'ultraviolet, entre 4000 et 2250 angströms. Chaque spectre de sérum était accompagné du spectre de l'eau sous une épaisseur correspondante. Il y eut donc 2858 spectres en tout.

Nous servant du grand spectrophotomètre en quartz de Jobin et Yvon, nous avons employé successivement plusieurs méthodes et plusieurs sources d'ultraviolet : étincelles condensées, tube à hydrogène à fond continu de Chalonge, lampe ponctuelle à vapeur de mercure, et lampe à vapeur de mercure ordinaire. La méthode qui nous a donné les résultats les plus satisfaisants avec le moins de difficultés est celle décrite et employée par Victor Henri (*Études de Photochimie*, 1919), et basée sur la photographie alterna-

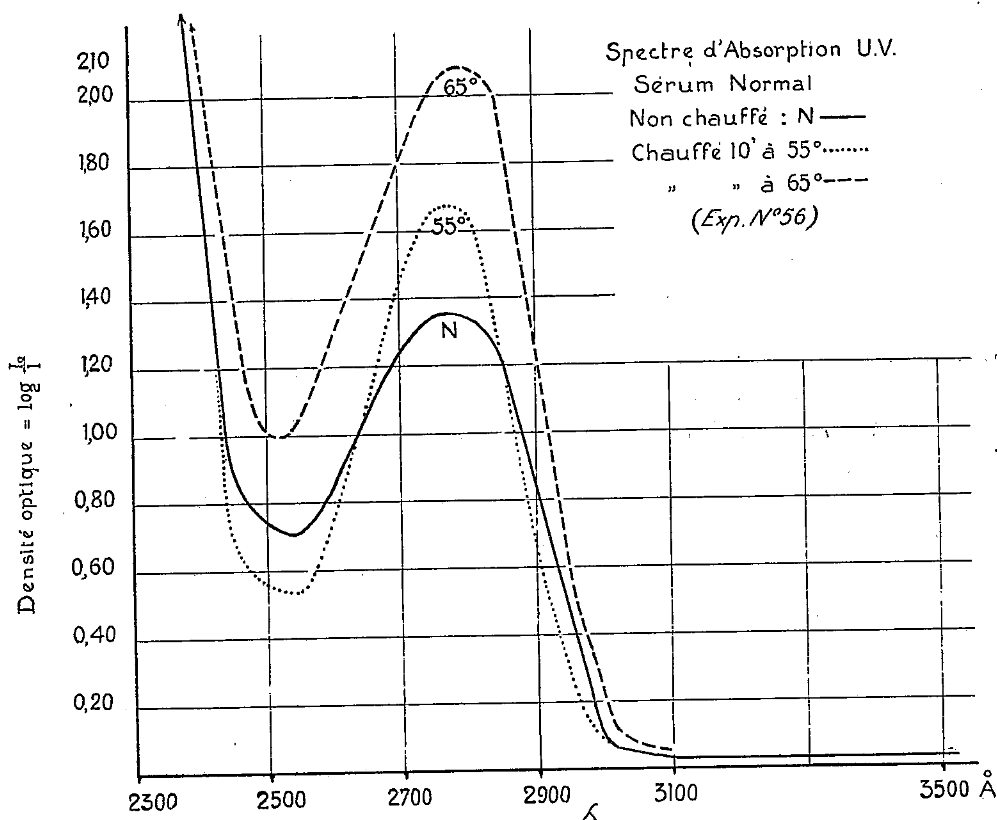
---

(1) Ces valeurs ont été déterminées tout récemment par MM. Rosenblum et Dupouy.

(2) Lord Rutherford, C. E. Wynn Williams et W. B. Lewis, *Proc. Roy. Soc.*, A, **133**, 1931, p. 351.

(3) Séance du 17 mai 1932.

tive du spectre du solvant (eau) et de la solution (sérum), les deux sous la même épaisseur; le temps d'exposition était maintenu constant (en général 5 secondes) pour le solvant, tandis qu'il était variable, mais ne dépassant jamais 30 secondes, pour le sérum. Les épaisseurs variaient entre 5^{mm} et $0^{mm},05$, mais étaient en général inférieures à $0^{mm},2$. Nous avons employé de faibles épaisseurs parce que les épaisseurs plus grandes exigeant de longues poses, nous craignions l'action des radiations de courte longueur d'onde sur le sérum.



Les plaques furent examinées, non pas au moyen d'une loupe, mais au moyen d'un équidensimètre à plages de Jobin et Yvon, permettant des déterminations beaucoup plus précises et aisées des points d'égal noircissement.

Nous avons porté en ordonnées la densité optique de la solution définie par : $\delta = \log I_0/I$, et reliée à la constante d'absorption $\varkappa$ par la relation simple : $\delta = \varkappa/2,30$.

Dans ces conditions, nous avons obtenu les résultats suivants que la figure schématise de façon claire.

Le sérum de cheval normal présente entre les longueurs d'onde 3000 Å et 2300 Å une zone caractéristique particulièrement intéressante entre une zone d'absorption faible qui s'étend de 3000 Å à 4000 Å et une zone de forte absorption qui commence vers 3000 Å. A partir de 3000 Å, l'absorption augmente à peu près linéairement, passe par un maximum à 2775 Å, puis diminue jusqu'à un minimum à 2520 Å, et augmente ensuite linéairement, et très rapidement jusqu'au delà de 2300 Å. Il n'est pas rare de voir l'absorption, ou plus exactement la densité optique, passer à une valeur 500 fois plus forte, entre les longueurs d'onde 2500 Å et 2300 Å.

La constante de la position du maximum et du minimum d'absorption (boucles de la courbe en ∼) est frappante. Dans toutes les bonnes expériences, et malgré les difficultés matérielles qu'on éprouve à localiser exactement de tels points dans l'échelle des longueurs d'onde, le minimum fut toujours compris entre 2500 et 2550 Å et le maximum entre 2750 et 2800 Å. Cet écart de 5 mμ nous semble difficile à réduire tant que la méthode photographique sera employée.

Quand le sérum a subi, en tube scellé, un chauffage de 10 minutes à 55° il se produit, en général, les deux modifications suivantes dans la courbe : le minimum à $\lambda = 2520$ Å a une valeur un peu plus faible (diminution de l'ordre à 15 pour 100), tandis que le maximum à $\lambda = 2775$ Å prend une valeur un peu plus forte, également de l'ordre de 10 à 15 pour 100. Mais cette augmentation n'est pas toujours très nette, surtout à 2775 Å où elle est parfois absente.

Quand le sérum a été porté dans les mêmes conditions, à 65° pendant 10 minutes, il se produit un déplacement de toute la courbe par rapport aux ordonnées, parallèlement à elle-même : le minimum passe par exemple (exp. 57), de $\delta = 0,800$ à $\delta = 1000$ et le maximum de $\delta = 1800$ à $\delta = 2050$, ou même davantage (exp. 56) : minimum de 0,700 à 1000 et maximum de 1350 à 2100, soit une augmentation d'absorption variant entre 200 et 500 pour 100 environ. Ce phénomène s'amorce vers 63°. Mais aux températures intermédiaires, entre 55° et 63° on n'observe en général aucun changement, et les courbes restent presque superposables.

La position du minimum et du maximum par rapport à l'échelle des longueurs d'onde ne varie pas de façon systématique à la suite du chauffage.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude du système* $MgO-CO^2-H^2O$ *à la température de* 100°. Note (1) de Mme **L. Walter-Lévy**, présentée par M. G. Urbain.

Ce travail a eu pour objet l'étude, en fonction du temps, de la décomposition, en tubes scellés à 100°, du carbonate neutre de magnésium trihydraté $CO^3Mg, 3H^2O$. Afin d'obtenir des pressions finales de gaz carbonique variables, les masses de trihydrate mises en œuvres, rapportées à un volume de 100cm³, ont pris différentes valeurs comprises entre 0,5 et 40g.

Les résidus solides obtenus, lavés à l'alcool et l'éther, ont été analysés et soumis à un examen par les rayons X (2).

Les résultats de l'analyse ont permis de tracer des courbes indiquant la composition des phases solides soit en fonction de la masse de trihydrate, à durée constante, soit en fonction du temps, la masse de sel restant constante. A titre d'exemple, nous donnons les deux groupes de courbes représentées ci-après (*fig.* 1 et *fig.* 2).

Ces courbes montrent que la décomposition du carbonate de magnésium trihydraté se produit en trois phases.

Ce sel subit d'abord une légère déshydratation. Lorsque la vapeur d'eau formée acquiert une certaine tension — probablement celle qui correspond à l'apparition de la phase liquide — il y a décomposition spontanée du trihydrate et formation d'hydromagnésite, d'eau et de gaz carbonique. L'hydromagnésite se conserve pendant un certain temps, après lequel elle se transforme presque totalement en giobertite (CO^3Mg), avec absorption de gaz carbonique et mise en liberté d'eau. Cette transformation est d'autant plus rapide que la tension de CO^2 développée est plus grande.

Ces faits sont confirmés par la comparaison des roentgenogrammes des phases solides obtenues et de ceux d'échantillons naturels d'hydromagnésite de Chypre (3) et de giobertite de Zlatibore.

Ces résultats apportent deux arguments nouveaux en faveur de l'existence si controversée de l'hydromagnésite comme composé défini.

(1) Séance du 9 mai 1932.

(2) Nous devons les diagrammes par rayons X, à M. Mathieu.

(3) G. R. Levi (*Annali di Chimica Applicata*, 14, 1924, p. 295) a établi le premier que les diagrammes obtenus par examen aux rayons X de l'hydrocarbonate de la magnésie blanche et de l'hydromagnésite étaient identiques et caractéristiques d'un composé basique.

1° Cet hydrocarbonate présente une composition fixe lorsque la pression de gaz carbonique varie dans le système de la valeur de 0,9 atmosphère à la valeur de 15 atmosphères (1) (*fig.* 1).

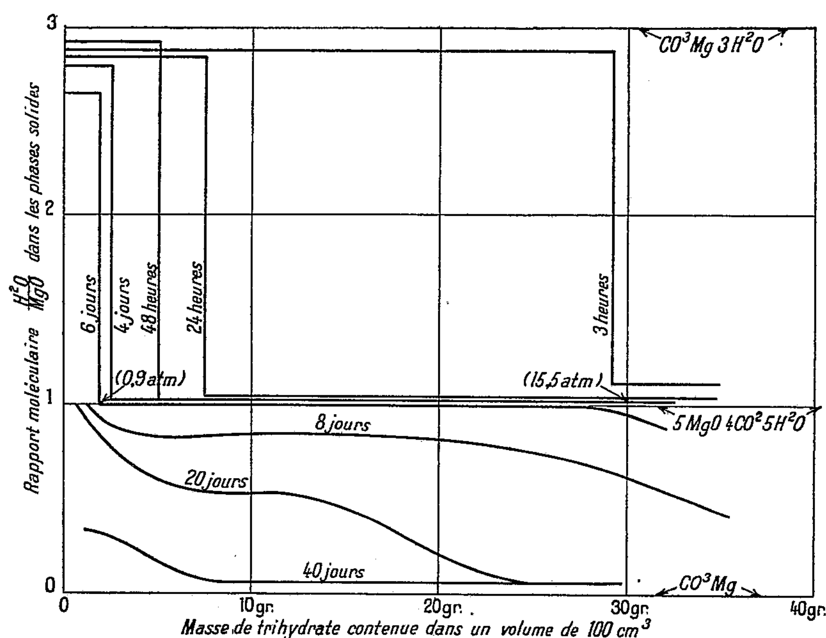


Fig. 1.

2° Les courbes représentatives de la transformation du trihydrate en giobertite en fonction du temps (*fig.* 2) présentent trois branches distinctes;

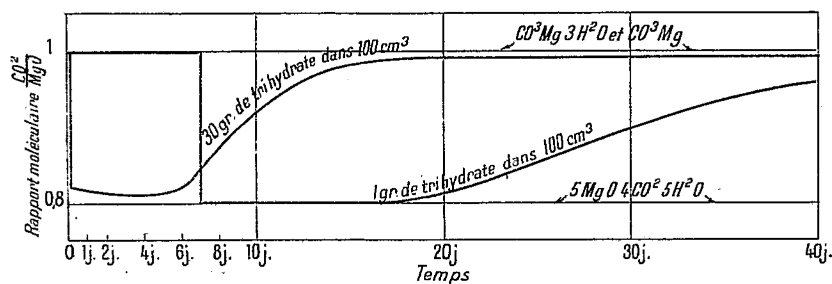


Fig. 2.

la partie horizontale marque un palier pour lequel la vitesse de transformation s'annule sensiblement, accusant une zone d'existence pour le composé basique intermédiaire.

(1) Pressions évaluées par calcul à partir des masses de trihydrate initial et de la composition du résidu.

L'étude de la composition chimique du composé basique le long des paliers, sous pressions et durées variables, montre que l'on peut attribuer sans ambiguïté à l'hydromagnésite la formule longtemps discutée (1) $5 MgO$, $4 CO^2$, $5 H^2O$.

Ce composé est instable à 100° en présence d'eau sous des pressions de gaz carbonique comprises entre quelques dixièmes d'atmosphère et 15 atmosphères. Il se comporte dans ces conditions comme un composé intermédiaire dans la formation de la giobertite CO^3Mg à partir du carbonate hydraté CO^3Mg, $3H^2O$.

Ajoutons que l'hydromagnésite apparaît aussi comme un composé intermédiaire instable dans la formation — dans des conditions analogues — de la giobertite à partir de solutions de bicarbonate de magnésium (2).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des phénomènes de dissociation dans les milieux organiques.* Note de M. **E. Vellinger**, présentée par M. Perrin.

Les théories données depuis Arrhenius pour expliquer les propriétés des électrolytes en solution aqueuse se sont heurtées à des obstacles qui ne sont pas encore surmontés. Chacune des théories proposées n'est applicable qu'à un certain nombre de cas. C'est pour étendre autant que possible ces théories qu'un grand nombre d'auteurs ont étudié les phénomènes de dissociation dans les solvants organiques.

Schwarzenbach a déterminé l'activité de certains acides dissous dans l'éther à l'électrode à hydrogène. Malheureusement, ce dispositif ne permet pas d'établir la courbe de neutralisation des acides comme l'a montré la tentative de cet auteur.

Nous avons été amené, par des nécessités d'ordre pratique, à étudier la

(1) Les premiers travaux en vue d'établir cette formule sont antérieurs à celui de Berzélius (*Ann. Chim. et Phys.*, 2e série, 14, 1820, p. 363) qui attribue à la magnésie blanche la formule $4MgO$, $3CO^2$, $4H^2O$. Citons parmi les plus récents : G. Lafontaine (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 2045) : $5MgO$, $4CO^2$, $5H^2O$; G. R. Levi (*loc. cit.*) : $4MgO$, $3CO^2$, $4H^2O$; Menzel Bruckner (*Zeit. für Elektrochemie*, 36, p. 63) : $5MgO$, $4CO^2$, $5H^2O$ et $5MgO$, $4CO^2$, $6H^2O$.

(2) Il est probable qu'il en serait de même pour des essais de double décomposition d'un sel soluble de magnésium par un carbonate ou un bicarbonate alcalin à volume constant. De Sénarmont a obtenu vers 160° de la giobertite au cours de telles doubles décompositions (*Ann. Chim. et Phys.*, 3e série, 32, 1851, p. 129).

dissociation des acides dans un mélange comprenant 25 pour 100 d'alcool éthylique et 75 pour 100 d'éther. Contrairement au dispositif de Schwarzenbach, nous avons utilisé comme électrode de référence un élément à excipient aqueux (Hg, calomel et solution de KCl saturée) et comme électrode indicatrice nous avons choisi l'antimoine en suivant une technique semblable à celle que nous avons donnée avec M. F. Vlès pour la mesure du pH (¹).

Nous avons montré (*Comptes rendus du Congrès du Graissage*, juillet 1931)

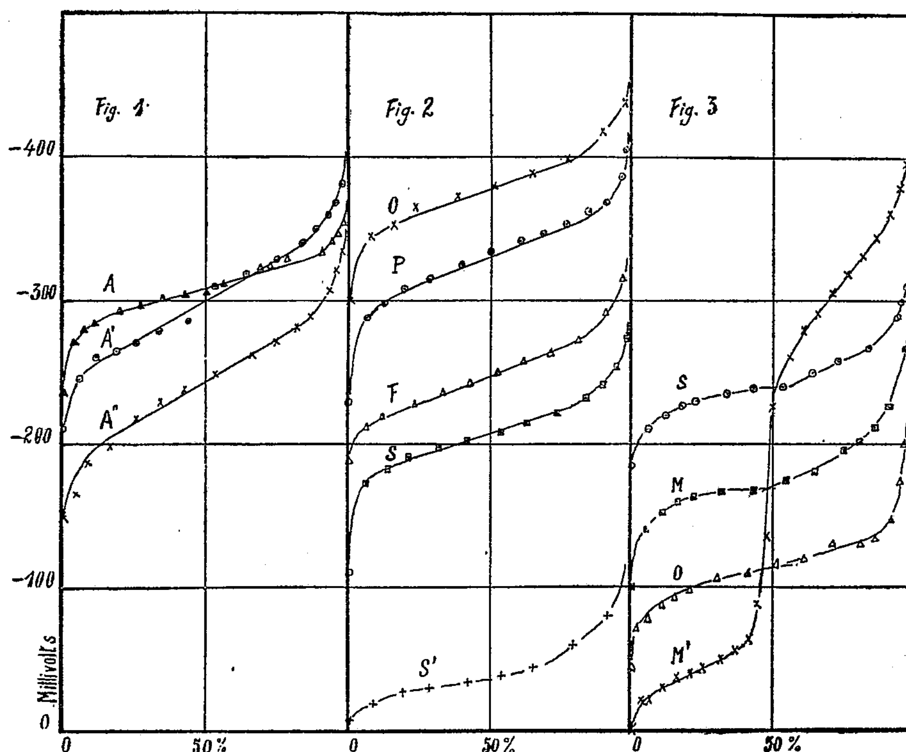


Fig. 1. Courbes de neutralisation de l'acide acétique $n/10$ dans l'eau (A"), dans l'alcool amylique (A') et dans un mélange alcool (25 %)-éther (75 %) (A). — Fig. 2. Courbes de neutralisation des acides oléiques (O), propionique (P), formique (F), salicyclique (S), sulfurique (S') dans un mélange alcool-éther. — Fig. 3. Courbes de neutralisation des acides oxaliques (O), malonique (M), succinique (S) et maléique (M') dans un mélange alcool-éther.

que les courbes de neutralisation obtenues dans ces conditions étaient analogues à celles qu'on obtient en solution aqueuse. Ces résultats ont été confirmés par l'étude de plus de 30 acides.

(¹) F. Vlès et E. Vellinger, *Arch. Phys, Biol.*, 6, 1927, p. 38.

La nature du solvant a une influence considérable sur l'allure de la courbe de neutralisation (voir *fig.* 1). Une première catégorie de solvants, comme l'alcool amylique, déterminent simplement un déplacement du point d'inflexion dans le sens d'une diminution d'activité. Dans d'autres cas le déplacement du point d'inflexion s'accompagne d'un changement de pente de la courbe. Ce changement de pente résulte probablement d'un phénomène d'association des molécules acides et sur lequel nous ne pouvons pas insister ici.

Parmi les acides monobasiques en solution dans un mélange alcool-éther, ce sont les acides minéraux et l'acide picrique qui sont les plus forts (valeurs du point d'inflexion en millivolts par rapport à l'électrode au calomel : acide azotique $+120$; acide picrique $+90$; acide bromhydrique -80; acide chlorhydrique -100). La figure 2 montre comment les courbes de neutralisation des divers acides s'échelonnent dans l'échelle des millivolts. Il faut remarquer que le plus grand nombre possède un point d'inflexion situé entre -300 et -350 millivolts.

Les acides bibasiques donnent des courbes de neutralisation très différentes selon la nature de l'acide en question. Les acides oxalique, malonique et propionique donnent des courbes sur lesquelles on peut à peine distinguer les deux fonctions carboxyles. On peut reconnaître cependant que les deux moitiés de la courbe se raccordent par une faible discontinuité. Pour d'autres acides comme l'acide maléique ou l'acide tartrique, les deux fonctions sont nettement distinctes (voir *fig.* 3). Les points d'inflexion correspondant aux deux fonctions sont décalés d'une quantité assez considérable et pouvant atteindre 300 millivolts. Dans ces derniers cas les deux portions de courbe n'ont pas la même pente. La seconde fonction a une pente plus rapide que la première. Enfin certains acides aromatiques, comme l'acide ophtalique, présentent un cas intermédiaire. Les deux points d'inflexion sont alors très voisins, mais encore très nettement distincts. D'autre part, la pente de la portion de courbe correspondant à la première fonction est plus rapide que celle correspondant à la seconde.

L'étude des phénols n'a pas donné de résultats.

Il ressort de ce qui précède que les courbes de neutralisation des acides dans les solvants organiques ont une allure analogue à celles qu'on obtient en solution aqueuse mais présentent des caractéristiques propres.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la détermination de la perte de poids dans les essais de corrosion.* Note de MM. **Jean Cournot** et **Marcel Chaussain**, présentée par M. Léon Guillet.

La détermination de la perte de poids est la méthode de mesure la plus couramment adoptée dans les essais de corrosion : on pèse l'éprouvette avant essai; après corrosion, on la brosse, la lave à l'eau, la sèche et la pèse à nouveau; on prend la différence des poids.

Ce procédé, bien que très répandu, est des plus imprécis : le brossage est essentiellement fonction de l'expérimentateur, de la vigueur et du soin avec lesquels il opère, fonction également de la nature de la brosse, des produits de la corrosion, du métal de base; avec certains sels très adhérents, on n'arrive pas à tout enlever, ou bien on arrache du métal inattaqué; dans le cas des corrosions locales, il n'est pas possible de bien nettoyer le fond des piqûres; on obtient même parfois des différences de poids négatives.

Nous avons cherché à mettre au point des méthodes plus scientifiques; deux procédés ont été essayés sur alliages de fer : le premier consiste à réduire les sels de fer par une solution bouillante de soude caustique à 20 pour 100, dans laquelle on projette du zinc en poudre; le violent dégagement d'hydrogène transforme la couche corrodée adhérente en granules qui tombent au fond du bac ou se détachent très facilement; la méthode est très rapide, l'élimination des sels totale; nous avons vérifié que l'éprouvette ainsi décapée, retraitée de la même façon à plusieurs reprises, ne donnait plus de diminution de poids.

Le second procédé utilise la remarque suivante : la perte réelle de métal corrodé est représentée par la formule $[p+O-P]\lambda/1-\lambda$, p étant le poids d'oxyde tombé au fond du bac, O le poids total de la plaque corrodée (compris l'oxyde adhérent), P le poids initial de l'éprouvette, λ le rapport du poids de fer contenu dans les oxydes au poids total des oxydes; toutes ces grandeurs sont mesurables; il faut seulement avoir soin de bien laver l'éprouvette corrodée et de recueillir ce qu'on peut de l'oxyde adhérent; on ajoute cet oxyde à celui tombé dans le bac, et l'on détermine λ par analyse; cette méthode est plus longue que la précédente.

Résultats obtenus. — Nous avons comparé le procédé de brossage, exécuté aussi soigneusement que possible, et les deux méthodes ci-dessus, sur des

éprouvettes de fer pur corrodées pendant 10 et 30 jours, en immersions et émersions alternées, à température ordinaire, dans l'eau de mer artificielle définie par la Commission de corrosion de l'Aéronautique. Les pertes de poids, établies par moyenne de trois éprouvettes, sont ainsi les suivantes :

	En 10 jours.	En 30 jours.
Par brossage	114 gr/m²	322 gr/m²
Soude et zinc	123 »	355 »
Analyse de l'oxyde	134 »	356 »

et si l'on totalise les écarts des résultats individuels par rapport au résultat moyen, et qu'on rapporte ce total au résultat moyen, on obtient en pour 100 :

	En 10 jours.	En 30 jours.
Par brossage	35 pour 100	35 pour 100
Soude et zinc	6,5 »	15,7 »
Analyse de l'oxyde	9,7 »	15,7 »

Conclusions. — L'appréciation très grossière donnée par le brossage se vérifie donc; *ce procédé est à éliminer.*

La méthode la plus satisfaisante est celle du décapage à la soude en présence de zinc; elle est aussi la plus rapide.

Toutefois, pour les fortes corrosions, le procédé d'analyse de l'oxyde paraît bien donner une sensibilité équivalente.

Notons en terminant que ces résultats ont été obtenus sur un fer pur, s'attaquant par corrosion généralisée et non par piqûres, l'oxyde superficiel produit étant très compact; nos conclusions seraient donc encore plus valables sur produits sidérurgiques courants, moins purs, s'attaquant par piqûres et dont la corrosion généralisée va en s'activant.

COLLOÏDES. — *Action du piézo-quartz oscillant sur les sols et les suspensions. Thixotropisme ultrasonique des gels.* Note de M. **Neda Marinesco**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une série de travaux, Loomis, Richards et Wood ont montré [1] que l'ultrason émis par le piézo-quartz oscillant produit des dispersions à

[1] Richards et Loomis, *J. Am. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 3086; Richards, *J. Am. Chem. Soc.*, 11, 1929, p. 1724; *Proc. Acad. Sc.*, 4ᵉ série, 15, 1929, p. 310; Wood et Loomis, *Phil. Mag.*, 4ᵉ série, 7, 1927, p. 417.

la limite de séparation de deux phases en contact. Les problèmes que soulève d'autre part la *thixotropie* (Freundlich, Deutsch) au point de vue de la structure des colloïdes m'ont incité à examiner de plus près l'action de l'ultrason sur les systèmes dispersés à l'état de phases. On sait que les gels thixotropes lorsqu'ils sont maniés avec précaution, conservent la forme plus ou moins géométrique du vase, ne coulent pas et présentent une forte rigidité viscosimétrique (*Strukturviskosität*); mais dès qu'on les agite assez énergiquement, ils deviennent fluides, perdent beaucoup de leur rigidité viscosimétrique et tendent vers la forme liquide-parfait.

J'ai utilisé une série de piézo-quartz de 3 à 20^{mm} d'épaisseur, suivant l'axe électrique, donnant depuis 927000 à 139000 cycles par seconde. L'excitation a été faite en ondes entretenues, le piézo-quartz étant intercalé dans un circuit résonateur accordable sur un émetteur de longueur d'onde fixée préalablement à l'ondemètre d'après la fréquence propre du cristal. J'ai microcinématographié les phénomènes qui d'ailleurs, étant très rapides lorsque le quartz est accordé, ne peuvent pas être convenablement observés directement ([1]). En examinant au ralenti la pellicule obtenue, on peut faire une sorte de classification de tous ces phénomènes et les analyser aisément.

a. Très frappant est l'aspect que prennent les gels hydrophiles et thixotropes; outre la liquéfaction, on observe un certain nombre de tourbillons en mouvement rapide de rotation voisinant avec des régions relativement calmes où les corpuscules figurés s'accolent ensemble et prennent l'aspect de gros flocons. L'agitation est très grande et la transformation thixotropique est presque instantanée dès que le quartz est mis en résonance.

b. Les particules des suspensions proprement dites sont projetées dès le début dans des points bien déterminés par rapport à la surface du quartz esquissant ainsi un commencement d'agglutination; en désaccordant le cristal les particules se redispersent et reprennent peu à peu des positions quelconques. Mais en réaccordant le même jeu recommence et l'agglutination se reproduit toujours dans le même endroit, qui devient un centre de floculation complète si l'ultrason continue à agir.

c. Les formes filamenteuses microscopiques (fibres de coton, papier filtre, bacilles, bâtonnets) sont tout d'abord brisées, réduites en longueur, après quoi les débris se ramassent comme précédemment dans certaines régions en formant des agglomérés.

([1]) Des détails complémentaires seront donnés ailleurs.

Pour expliquer ces phénomènes un premier facteur à considérer est la répartition des nœuds et ventres stationnaires dus à l'interférence d'une onde ultrasonore avec elle-même à la suite des réflections sur les surfaces de discontinuité. On peut montrer que la différence de pression entre un nœud et un ventre peut dépasser sept à huit atmosphères, par suite que le gel thixotrope devient un système périodiquement et excessivement orageux, car deux dépressions ou deux anticyclones sont séparés respectivement par une demi-longueur d'onde d'ultrason (de l'ordre du millimètre). Les microtrombes (ou les ventres stationnaires) sont donc très violents et rendent compte non seulement de la dislocation du gel mais encore des effets mortels que produit l'ultrason sur les petits animaux; une telle trombe localisée dans le cerveau d'un poisson ou d'une grenouille doit produire exactement le même effet qu'une aiguille de dissection d'un millimètre de diamètre enfoncée dans la tête de l'animal. Au contraire les nœuds sont relativement calmes et jouent le rôle des anticyclones atmosphériques car dans ceux-ci la pression se trouve au maximum. Les filaments, les flocons et tous les corpuscules balayés par les microtrombes sont projetés dans les régions moins agitées, c'est-à-dire dans les nœuds qui deviennent ainsi des centres d'agglutination ou de floculation.

D'autre part lorsque le quartz entre en résonance sa surface devient également le siège d'un régime de nœuds et ventres qu'on peut facilement mettre en évidence avec une poudre quelconque suivant l'expérience classique des lames vibrantes. Il convient donc de considérer deux systèmes d'ondes stationnaires dus respectivement aux interférences de la radiation ultrasonore et à la lame vibrante du piézo-quartz lui-même.

Enfin pour expliquer les phénomènes de rupture observés avec les corpuscules filamenteux, il faut tenir compte de la variation du module piézo-électrique d'un point à l'autre de la lame de quartz.

Lorsque l'on considère des surfaces de l'ordre du centimètre carré le module de Curie est égal à $6,5.10^{-8}$, mais en examinant la lame sur de trés petites surfaces on constate que celui-ci n'est nullement constant et qu'au contraire il peut varier plus que du simple au double ([1]). Il en résulte que deux faisceaux ultrasoniques parallèles émis par deux régions voisines mais de modules piézo-électriques très différents auront des amplitudes très différentes également. Par suite un filament ou un bacille se trouvant en même

---

([1]) Dawson, *Phys. Rev.*, 29, 1927, p. 532.

temps sur les directions de propagation de ces deux faisceaux sera brisé en deux morceaux par la différence de compression.

Or les gels sont constitués par une phase solide disposée en réseau dans les mailles duquel se trouve une solution ou un hydrosol. La rigidité viscosimétrique est due précisément à ce réseau quasi solide qui s'oppose à l'écoulement normal des deux couches contiguës. L'ultrason intervenant par l'agitation tourbillonnaire et par les effets de rupture, décompose en ses éléments les mailles du gel qui se transforme thixotropiquement et retrouve partiellement sa fluidité.

Nous verrons qu'en mettant à profit ce processus de dispersion ultrasonique à la limite des deux phases en contact, on peut obtenir facilement des hydrosols ou alcools-sols même métalliques.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Application de l'oxydation chromique à quelques monoacides.* Note de MM. **Lucien Semichon** et **Michel Flanzy**, présentée par M. Delépine.

L'application du mélange chromique à l'oxydation des substances minérales ou organiques est très ancienne. Simon et ses élèves ont appliqué l'acide chromique ou le chromate d'argent à l'oxydation complète des matières organiques, notamment dans le but de doser le carbone total, par mesure volumétrique de CO et CO^2 (1).

En étudiant le processus d'oxydation des différents radicaux carbonés entrant dans la composition des substances organiques, nous avons pu déceler la production de composés intermédiaires ou de composés terminaux qui nous ont permis de fixer de nouvelles méthodes de dosage pour un certain nombre de substances et de les appliquer aux vins et aux jus de fruits.

Dans la série forménique, la molécule commence à se désagréger quand l'oxydation a atteint le stade des radicaux acides. C'est dans l'étude de l'oxydation des acides qu'on peut déterminer les conditions de l'oxydation totale ou de son arrêt à des stades intermédiaires.

1° *Oxydation des acides gras volatils.* — Nos expériences ont confirmé

(1) Simon, *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1706; **175**, 1922, p. 167, 525, 768, 1070; **178**, 1924, p. 1816; **180**, 1925, p. 673, 833, 1405.

les observations de Simon et de Polonowski [1] : tandis que HCO^2H donne toujours H^2O et CO^2, tous les acides gras RCO^2H donnent de l'*acide acétique*.

En faisant varier les facteurs qui influencent l'activité de l'oxydation : concentration du liquide, proportion d'acide chromique et d'acide sulfurique, proportion d'oxydant et de substance à oxyder, température, nous avons trouvé qu'on peut doser séparément dans un mélange d'acides gras volatils chacun des acides constituants. Nos expériences ont porté sur 5^{cm^3} d'une solution d'acide à 1 pour 100 additionnée de $0^g,525$ d'acide chromique correspondant à $0^g,126$ d'oxygène et de 5^{cm^3} d'acide sulfurique ($d = 1,710$).

A la température de 15° et avec une addition supplémentaire de 5^{cm^3} d'eau, on obtient l'oxydation exclusive et totale de l'acide formique en moins d'une heure, en CO^2 et H^2O.

A la température de 55-60° et avec une addition supplémentaire de 2^{cm^3} d'eau, on obtient en moins d'une heure l'oxydation de HCO^2H en CO^2 et H^2O, et celle de l'acide butyrique et de ses homologues supérieurs en *acide acétique*.

A la température de 100° et sans addition d'eau supplémentaire, on obtient, en outre, en moins d'une heure l'oxydation de l'acide propionique en *acide acétique*.

En saturant chaque fois l'acide chromique restant avec une solution de sulfate ferreux ammoniacal et s'aidant du ferricyanure de potassium comme indicateur externe, on obtient par différence la quantité d'oxygène correspondant à l'oxydation effectuée. La totalité des acides ainsi trouvés exprimée en acide acétique est retranchée de l'acidité totale de la solution primitive et l'on obtient la quantité d'acide acétique qu'elle contenait.

2° *Acides à fonctions complexes.* — Lorsque dans la molécule d'un acide gras s'intercale un radical $CH-OH$ ou un radical CO, les conditions de l'oxydation changent. Il résulte de nos expériences que la molécule est scindée par séparation des radicaux $CH-OH$ ou CO, lesquels sont oxydés complètement, avec formation finale d'*acide acétique*.

Cas de l'acide pyruvique. — Nos expériences ont également porté sur 5^{cm^3} d'une solution acide à 1 pour 100 additionnée de $0^g,525$ d'acide chromique, de 5^{cm^3} de SO^4H^2 ($d = 1,710$) et de 5^{cm^3} d'eau. A la température de 15°,

---

[1] POLONOWSKI, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 576, et *C. R. Soc. Biologie*, 86, 1924, p. 853.

l'acide pyruvique est intégralement transformé en moins d'une heure en *acide acétique* qui reste inoxydé. Nous n'avons décelé aucun produit intermédiaire, le radical CO donnant CO^2.

Cas de l'acide lactique. — Dans les mêmes conditions opératoires que pour l'acide pyruvique, l'acide lactique est transformé intégralement en *acide acétique*.

Dosage de l'acide lactique. — Les méthodes actuellement connues pour doser l'acide lactique donnent des rendements insuffisants. L'oxydation chromique de l'acide lactique nous a permis de fixer la méthode précise suivante qui porte sur 50^{cm^3} de liquide :

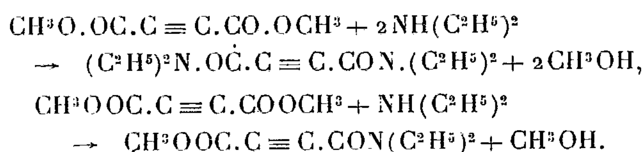
L'alcool, les aldéhydes et les acides gras volatils sont extraits par un entraînement à la vapeur d'eau après saponification à l'eau de chaux et remise en liberté des acides par addition d'acide tartrique. Le résidu est additionné de $1^g,50$ d'acide chromique et, en refroidissant, de 5^{cm^3} de SO^4H^2 ($d = 1,710$). On porte au bain-marie avec un réfrigérant ascendant : la transformation en acide acétique est totale en moins d'une heure. Il suffit d'entraîner par la vapeur d'eau l'acide acétique produit, lequel est titré alcalimétriquement. La quantité d'acide acétique trouvé correspond moléculairement à l'acide lactique existant primitivement.

Cette méthode est applicable aux vins et à tous les jus naturels. Si ces liquides contiennent plus de 5^g de sucre par litre, la quantité d'oxydant doit être augmentée proportionnellement.

Cas de l'acide α-oxybutyrique : $CH^3 - CH^2 - CHOH - CO^2H$. — L'expérience a porté sur 5^{cm^3} d'acide à 1 pour 100 additionnés de $0^g,525$ d'acide chromique et de 5^{cm^3} de SO^4H^2 ($d = 1,710$). Sans addition d'eau, à la température de 100°, nous avons obtenu la formation intégrale d'*acide acétique* en moins d'une heure. Comme produit intermédiaire, nous avons trouvé HCOH caractérisant le dégagement de CH — OH. Dans aucun cas nous n'avons pu caractériser l'acide propionique : en opérant par une oxydation très lente, à 15° avec addition de 25^{cm^3} d'eau, au bout d'un temps inférieur à une heure, l'oxydation dépasse déjà l'oxydation de CHOH et montre une oxydation sensible de CH^2. Or, dans ces conditions opératoires, l'acide propionique n'est pas oxydable. Il faut en conclure que l'oxydation est facilitée par le voisinage de CH — OH et par l'existence de CH^2 en position β.

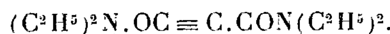
CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la diéthylamine sur l'acétylène dicarboxylate de méthyle.* Note (¹) de MM. **C. Vassiliadès** et **L. Capatos**, présentée par M. G. Urbain.

Les composés acétyléniques fixent en général les bases primaires et secondaires sur la triple liaison et surtout quand il y a un groupement électronégatif au voisinage immédiat de la liaison acétylénique. Si l'on opère sur des composés ne contenant pas de groupe électronégatif et dans des conditions favorables, l'addition ne se fait plus sur la triple liaison. En faisant agir l'ammoniac sur l'acétylène dicarbonate de méthyle, Moureu et Bongrand (²) ont obtenu la butyne-diamide. De même, par l'action de la diéthylamine, on obtient le diéthylamido-butyne-oate de méthyle et une petite quantité de tétraéthyldiamido-butyne.



$$CH^3O.OC.C \equiv C.CO.OCH^3 + 2NH(C^2H^5)^2 \rightarrow (C^2H^5)^2N.OC.C \equiv C.CON.(C^2H^5)^2 + 2CH^3OH,$$
$$CH^3OOC.C \equiv C.COOCH^3 + NH(C^2H^5)^2 \rightarrow CH^3OOC.C \equiv C.CON(C^2H^5)^2 + CH^3OH.$$

Préparation du diéthylamido-butyne-oate de méthyle et du tétraéthyldiamido-butyne. — On dissout 10^g d'acétylène dicarbonate de méthyle dans 50^{cm^3} d'alcool et l'on verse goutte à goutte la diéthylamine diluée dans le double de son volume d'alcool. Le tout est soumis à une rigoureuse agitation mécanique ou refroidie à — 10° par un mélange réfrigérant. Lorsqu'on a versé ainsi toute la diéthylamine, on maintient l'agitation pendant encore une demi-heure et on laisse reposer le mélange pendant 48 heures à la température ambiante. Finalement on porte à 40-60°. La liqueur qui est au début jaune clair devient rouge orangé. On distille l'alcool sous pression réduite et l'on reprend le résidu avec la ligroïne. On essore, lave avec la ligroïne puis sèche, soit à l'air, soit dans un dessiccateur à chlorure de calcium. Le produit obtenu est une matière cristalline faiblement colorée en brun qui d'après l'analyse répond à la formule

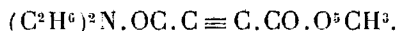


$$(C^2H^5)^2N.OC \equiv C.CON(C^2H^5)^2.$$

Du filtrat ci-dessus on chasse la ligroïne en distillant sous pression réduite. On obtient ainsi une huile jaune clair qui distille à 171-172°

(¹) Séance du 2 mai 1932.
(²) *Annales de Chimie*, 16, 1920, p. 12.

sous 20°. Le produit d'après l'analyse répond à la formule



$$(C^2H^6)^2N.OC.C\equiv C.CO.O^5CH^3.$$

Action du brome sur le $(C^2H^5)^2N.OC.C\equiv C.COOCH^3$. — Le brome en solution dans le tétrachlorure de carbone agit à froid sur le diéthylamidoacétylène dicarbonate de méthyle. Il se sépare une huile lourde de couleur rouge orangé. On décante le tétrachlorure et l'on sèche le produit sur le chlorure de calcium dans le vide. Quatre atomes de Br sont fixés.

Br $^0/_0$.................. Trouvé : 63,1 Calculé pour $C^9H^{13}O^3N.Br^4$: 63,6

Action du brome sur le $(C^2H^5)^2N.OC.C\equiv C.CON(C^2H^5)^2$. — L'action du brome sur le tétraéthylbutine-diamide a lieu comme précédemment. Quatre atomes de Br sont fixés. On opère avec une solution chloroformique. Après addition du brome il se sépare une couche huileuse. On décante la couche supérieure, on lave avec une petite quantité du chloroforme et on laisse cristalliser sur du chlorure de calcium et dans le vide. On obtient un produit cristallisé en paillettes de couleur rouge orangé décomposable par l'eau.

Br $^0/_0$.............. Trouvé : 60,1 Calculé pour $C^{12}H^{20}O^2N^2Br^4$: 58,8

Action du bromure d'éthylmagnésium sur le diéthylamidoacétylène dicarbonate de méthyle. — Barré [1], en étudiant l'action des dérivés magnésiens sur les amides oxaliques, a constaté que la fonction amide d'un composé possédant une fonction amide en α par rapport à une fonction éther-sel n'entre pas en réaction même à 70°, alors que la fonction éther-sel se laisse facilement attaquer; on obtient, suivant le cas, une cétone ou un alcool tertiaire.

Au bromure d'éthylmagnésium (1^{mol}) préparé suivant le mode habituel, on ajoute lentement une solution éthérée du corps ci-dessus (1^{mol}). Les gouttes produisent, en tombant dans le dérivé organomagnesien, un précipité blanc qui se redissout immédiatement.

On laisse en contact une demi-heure, puis on chauffe une demi-heure au bain-marie. On décompose le complexe formé par de la glace pilée, et l'on neutralise par addition d'une solution d'acide acétique à 50 pour 100. La solution éthérée est décantée, puis le reste est épuisé par l'éther. On lave l'éther par une solution bicarbonate de sodium pour neutraliser l'excès d'acide acétique, puis par l'eau. On sèche par le sulfate de sodium anhydre

---

(1) *Annales de Chimie*, 9, 1928, p. 204

et l'on distille. Le résidu est un liquide d'odeur cétonique, de couleur jaune, passant à 131° sous 22^{mm}. La solution acétique, qui a servi à dissoudre la magnésie, ainsi que les eaux de lavage de l'éther de la réaction sont distillées, et le distillat saturé par le sulfate d'ammonium est extrait par l'éther. L'éther distillé donne encore une petite quantité de liquide identique à celui obtenu précédemment.

$$(C^2H^5)^2N.OC.C \equiv C.C.OOCH^3 + C^2H^5MgBr$$

$$\rightarrow (C^2H^5)^2NOC.C \equiv \overset{\overset{\displaystyle C^2H^5}{|}}{\underset{\underset{\displaystyle OMgBr}{|}}{C}}O.CH^3 + H^2O$$

$$\rightarrow (C^2H^5)^2NOC.C \equiv C.CO.C^2H^5 + CH^3OH + MgBrOH.$$

Action de la semicarbazide. — Le chlorhydrate de semicarbazide en solution hydroalcoolique et avec la quantité correspondante d'acétate de potassium, traité avec le corps ci-dessus, donne, après contact de 48 heures, des cristaux blancs qui, étant lavés à l'eau puis séchés, ont donné un point de fusion très net correspondant à 216-217°. Comme nous ne possédions que de très petites quantités nous n'avons pas réussi à analyser ces cristaux ponr voir s'il s'agit d'une carbazide ou d'un produit d'addition de semicarbazide sur la triple liaison.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxydes organiques aissociables. L'isomérie des diméthylrubrènes et la constitution des rubrènes.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Maurice Loury**, présentée par M. Delépine.

Les phénomènes d'isomérie décrits récemment chez les diméthylrubrènes apportent, en faveur de la constitution admise pour le rubrène deux arguments nouveaux, tirés, l'un, de considérations de symétrie et l'autre, du dénombrement des isomères.

Considérations de symétrie. — L'un des diméth ylrubrènes, on l'a vu [1], prend naissance indistinctement par l'une ou l'autre des deux génératrices suivantes :

$$(1)\quad 2\left[\begin{matrix}C^6H^5\\C^6H^5\end{matrix}\!\!>CCl-C\equiv C-\underline{C^6H^4-CH^3}\right] \text{ ou } \begin{matrix}P\\P\end{matrix}\!\!>---T \searrow$$

$$= \text{diméthylrubrènes} + 2\,ClH$$

$$(2)\quad 2\left[\begin{matrix}\underline{CH^3-C^6H^4}\\C^6H^5\end{matrix}\!\!>CCl-C\equiv C-C^6H^5\right] \text{ ou } \begin{matrix}T\\P\end{matrix}\!\!>---P \nearrow$$

(P représente le phényle et T le tolyle).

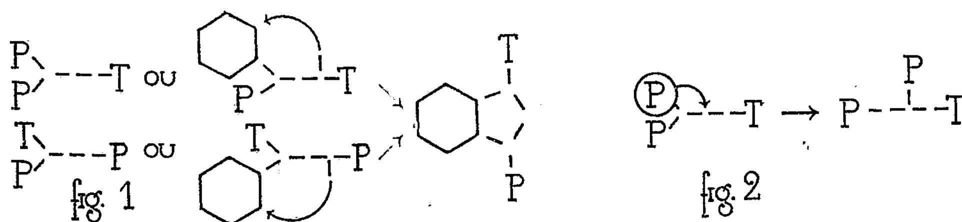
[1] Ch. Dufraisse et M. Loury, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1664.

Les molécules de départ se différenciaient par la position du tolyle ; le rubrène résultant, parce qu'il leur est commun, ne peut plus porter leur marque distinctive : les deux positions primitives du tolyle doivent donc y être devenues strictement équivalentes.

En conséquence, pour donner un rubrène, la molécule de départ doit subir une transformation qui amène en deux places symétriques l'aryle solitaire de droite et l'un des aryles géminés de gauche. On y parvient très simplement (*fig.* 1) par une cyclisation refermant la chaîne tricarbonée, aliphatique, sur l'un des noyaux aromatiques de gauche, et aboutissant à un édifice indanique, avec deux aryles symétriquement disposés en α et γ ; comme le montre le schéma (*fig.* 1), une même figure finale se déduit bien de l'une comme de l'autre des structures initiales.

Or cet enchaînement α-γ-diarylindanique est justement celui de notre formule du rubrène, où il se trouve reproduit par deux fois (voir plus loin, par exemple, les formules des homologues diméthylés, I, II et III). Il avait été établi par un tout autre ordre de faits ; la production d'*o*-dibenzoylbenzène, $C^6H^4(CO - C^6H^5)^2$, par scission oxydante (1).

L'ancien et le nouvel argument, déjà probants chacun pris à part, se renforcent et se complètent mutuellement par leur concordance. On pourrait à la rigueur, en effet, réaliser la symétrie requise ci-dessus autrement que par cyclisation, par exemple par migration d'un des aryles de gauche (*fig.* 2) :

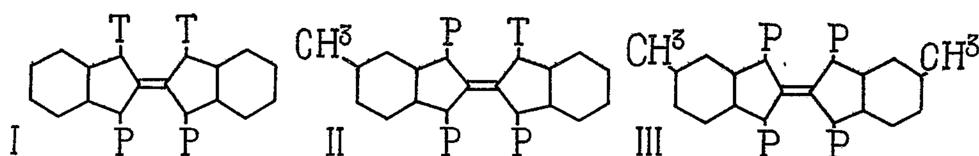


en démontrant la présence d'un squelette indanique, la scission oxydante écarte toute autre hypothèse que la cyclisation. Réciproquement, faute d'un rendement suffisant en dibenzoylbenzène, la scission oxydante n'avait pas permis à elle seule d'affirmer avec certitude l'existence d'un second

(1) CH. MOUREU, CH. DUFRAISSE et LÉON ENDERLIN, *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 406.

squelette indanique [1] : à l'heure actuelle, le fait est démontré par la nécessité qui s'impose maintenant d'attribuer le même degré de symétrie aux deux moitiés de la molécule de rubrène.

Dénombrement des isomères. — L'équation (1) n'aboutit manifestement qu'à une seule figure de cyclisation, quel que soit celui des deux phényles géminés sur lequel vienne se clore le cycle. L'équation (2), au contraire, donne deux figures, suivant que l'accrochage a lieu par le phényle, comme dans le schéma ci-dessus, ou par le tolyle. Les rubrènes étant formés par la juxtaposition de deux figures de cyclisation, il en résulte pour l'équation (1) un seul isomère de formule (I), et pour l'équation (2), trois isomères, l'un (I), résultant de l'union de deux figures cyclisées par le phényle et identique au précédent; un autre, (III), provenant des deux figures cyclisées par le tolyle, et enfin, un dernier (II), né de l'accouplement des deux figures différentes [2]. C'est exactement ce qui a été constaté expérimentalement [3] : la réaction conforme à la première équation n'a produit qu'un seul corps, et la seconde en a fourni trois, dont un identique au précédent. Cette nouvelle épreuve se montre donc aussi favorable que la précédente à la structure admise pour les rubrènes.



Les trois diméthylrubrènes (P *représente le phényle et* T *le tolyle*).

---

[1] CH. DUFRAISSE et LÉON ENDERLIN, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 51, 1932, p. 132.

[2] Les nombres ainsi calculés devraient théoriquement être doublés pour tenir compte de l'isomérie géométrique due à la double liaison mitoyenne. Dans la pratique, nous n'avons pas eu l'occasion d'observer cette isomérie; il en est de même, on le sait, pour l'indigo, dont la configuration est par ailleurs étroitement apparentée à celle du rubrène.

[3] CH. DUFRAISSE et M. LOURY, *loc. cit.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les mobilités relatives des radicaux dans les chlorures de sulfites acides d'alcoyle.* Note de M. **P. Carré**, présentée par M. G. Urbain.

On sait ([1]) que les chlorures des sulfites acides d'alcoyle R. OSOCl, s'obtiennent par l'action d'une molécule de chlorure de thionyle sur une molécule d'alcool, en présence, ou en l'absence d'une molécule de pyridine.

Ces chlorures sont très facilement décomposés en gaz sulfureux et chlorure d'alcoyle, en présence d'une molécule de pyridine ([2]). Leurs températures de décomposition, qui n'avaient pas encore été déterminées, sont variables avec la nature du radical alcoyle; nous avons pensé que leur étude apporterait une méthode facile pour la comparaison des mobilités des radicaux alcoyles. Ces températures de décomposition sont obtenues de la manière suivante :

Dans un ballon communiquant avec un manomètre à mercure, on mélange, en refroidissant à température suffisamment basse, une molécule de chlorure de thionyle, une molécule de pyridine et une molécule d'alcool; on ferme le ballon avec un bouchon portant un thermomètre dont le réservoir plonge dans le mélange, puis on chauffe lentement en notant l'accroissement de la pression avec l'élévation de la température. On trace ensuite la courbe pression-température; cette courbe présente un point anguleux très net à la température de décomposition, par suite du dégagement de gaz sulfureux qui produit une augmentation plus rapide de la pression.

Nous avons vérifié, dans le cas du chlorure de l'acide éthylsulfureux, que la température de décomposition ainsi trouvée est la même si l'on effectue la décomposition sur le chlorure préparé en l'absence de pyridine et auquel on ajoute ensuite une molécule de pyridine; ce chlorure, quand il est pur, peut être chauffé jusque vers 120° sans décomposition notable, tandis qu'en présence de pyridine, il se décompose à 18°.

Dans le cas des alcools primaires la réaction est généralement simple, mais dans le cas des alcools secondaires et tertiaires, il peut se produire en outre une déshydratation de l'alcool en carbure éthylénique; c'est ainsi qu'avec le cyclohexanol on obtient toujours du cyclohexène à côté du chlorure de cyclohexyle; les températures données dans ce cas correspondent toujours à l'apparition du point anguleux, la formation de chlorure d'alcoyle ayant été vérifiée.

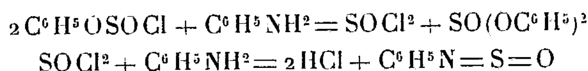
Avec les phénols et les naphtols l'application du mode opératoire ci-dessus indique bien aussi une température à laquelle commence le dégagement de gaz sulfureux, mais

---

([1]) Stähler et Schirm, *D. ch. G.*, 44, 1911, p. 319; P. Carré et P. Mauclère, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1738.

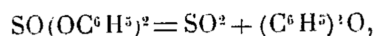
([2]) Darzens, *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 1314.

on ne peut dire, dans ce cas, qu'il s'agit d'une décomposition analogue aux précédentes, car il ne se forme ni chlorure de phényle ni chlorure de naphtyle. On peut cependant considérer comme probable la formation préalable d'un chlorure de sulfite acide d'aryle, ArOSOCl; en effet, si l'on fait réagir l'aniline sur la solution dans l'éther anhydre du mélange équimoléculaire de chlorure de thionyle, de pyridine et de phénol, on peut isoler, par distillation du résidu de la solution éthérée (filtrée des chlorhydrates précipités), de la thionylaniline et de l'oxyde de phényle; la présence de ces deux substances peut s'expliquer par les réactions :



$$2\,C^6H^5OSOCl + C^6H^5NH^2 = SOCl^2 + SO(OC^6H^5)^2$$
$$SOCl^2 + C^6H^5NH^2 = 2\,HCl + C^6H^5N{=}S{=}O$$

et



$$SO(OC^6H^5)^2 = SO^2 + (C^6H^5)^2O,$$

analogues à celles constatées par Blaise et Montagne [1] dans le cas des chlorosulfites de chlorures d'acides.

Les températures de décomposition ainsi trouvées ont été les suivantes :

Radical de l'alcool.	Température de décomposition du chlorosulfite d'alcoyle.	Radical de l'alcool.	Température de décomposition du chlorosulfite d'alcoyle.
Allyle	$<-10°$	*n*-Heptyle	56°
Benzyle	<-10	*sec.* Octyle $\begin{matrix}CH^3(CH^2)^5\\CH^3\end{matrix}\!>\!CH$-	47
Méthyle	-5	*n*-Décyle	45-46
Éthyle	18	Cétyle	57
n-Propyle	34-35	Phényléthyle	66
Isopropyle	24	Cyclohexyle	45-46
n-Butyle	45-46	Phényle	100
sec. Butyle $\begin{matrix}CH^3\\C^2H^5\end{matrix}\!>\!CH$-...	26	α-Naphtyle	67
tert. Butyle $(CH^3)^3C$-...	17-18	β-Naphtyle	75

Elles permettent de comparer les mobilités des radicaux alcoyles. Le classement ainsi obtenu est en accord avec celui fourni par l'étude des vitesses de réaction des halogènes liés directement au radical; la méthode a l'avantage d'être d'une application plus facile et plus rapide.

Ces radicaux se rangent, par mobilité décroissante, dans l'ordre : radicaux tertiaires > radicaux secondaires > radicaux primaires.

Pour les radicaux saturés, on retrouve l'ordre : méthyle > éthyle > propyle > butyle, etc.; on remarque en outre que, dans la série aliphatique normale, la mobilité, qui diminue avec l'accroissement du nombre d'atomes

(1) Blaise et Montagne, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1174.

de carbone jusqu'en C^7, redevient pour C^{10} sensiblement la même que pour C^4.

On retrouve aussi pour les radicaux arylés une mobilité nettement inférieure à celle des radicaux alcoylés, et pour les radicaux allyle et benzyle une mobilité supérieure à celle des radicaux aliphatiques saturés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mécanisme de l'action de l'amidure de sodium sur la diphénylsulfinone*. Note [1] de MM. **Ch. Courtot, M. Chaix** et **J. Kelner**, présentée par M. Delépine.

Nous avons obtenu [2] dans la déshydratation de la diphénylsulfinone $C^6H^5—SO—C^6H^5$, par NH^2Na, le sulfure de diphénylène $(C^6H^4—C^6H^4)S$, le sulfure de phényle $(C^6H^5)^2S$, le disulfure de phényle $(C^6H^5)^2S^2$, l'aniline $C^6H^5—NH^2$ et l'acide benzènesulfinique $C^6H^5.SO^2H$. Quel est le mécanisme de formation de ces différents produits ?

1. *Sulfure de diphénylène*. — Le sulfure de diphénylène provient, en bloc, d'une déshydratation de la diphénylsulfinone, provoquée par NH^2Na. En vérité, nous ignorons tout, actuellement du mécanisme de cette réaction qui paraît du reste assez limitée, puisque la *p-p'*-dibromodiphénylsulfinone, pas plus d'ailleurs que la *p-p'*-ditolylsulfinone, ne subissent cette déshydratation [3].

2. *Sulfure de phényle*. — L'origine du sulfure de phényle réside, évidemment, dans la désoxydation de la diphénylsulfinone. Mais cette réduction peut provenir de deux réactions totalement différentes : ou bien l'hydrure de sodium que contient généralement l'amidure transforme la sulfinone en sulfure, ou bien l'oxygène de la diphénylsulfinone passe sur l'aldéhyde benzènesulfinique transitoirement produit, comme il sera dit par la suite, pour le transformer en acide benzènesulfinique.

3. *L'aniline* provient de la coupure de la diphénylsulfinone selon le schéma : $C^6H^5 — SO — C^6H^5 + NH^2Na = C^6H^5 — SONa + C^6H^5 — NH^2$. Elle ne peut être considérée comme dérivant de l'action de l'amidure de sodium sur le benzène, ces deux corps s'étant montrés sans interaction dans nos conditions expérimentales.

4. *Acide benzènesulfinique*. — L'aldéhyde benzènesulfinique formé lors de la coupure précédente est un corps, *a priori*, extrêmement instable. Il peut donc capter l'oxygène de la diphénylsulfinone et transformer ce corps en sulfure de phényle, alors que lui-même passe à l'état d'acide benzènesulfinique, ou s'emparer de l'oxygène

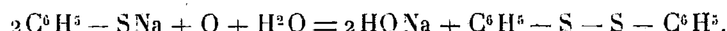
(1) Séance du 17 mai 1932.

(2) Courtot, Chaix et Nicolas, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1660.

(3) Fuchs et Gross (*Berichte der d. chem. Gesells.*, 63, 1930, p. 1013) ont obtenu, par action du potassium sur la *p-p'*-ditolylsulfinone, le sulfure de diméthyldiphénylène, après contact d'une année. Le rendement est infime : $0^g,005$ à partir de 2^g de sulfinone.

d'une autre molécule d'aldéhyde benzènesulfinique au sein même du milieu réactionnel anhydre, ce qui donne à la fois du thiophénol et de l'acide benzènesulfinique. Troisième hypothèse : l'aldéhyde benzènesulfinique serait stable dans le milieu réactionnel et passerait à l'état d'acide lors de l'hydrolyse, sous l'action de l'oxygène de l'air. Quatrième hypothèse : l'acide benzènesulfinique résulterait d'une coupure de la diphénylsulfinone sous l'action de la soude formée au cours de la réaction, ou encore, cinquième hypothèse, le sulfure de phényle serait scindé par la soude et formerait de l'aldéhyde benzènesulfinique qui s'oxyderait par l'un des processus envisagés.

5. *Disulfure de phényle.* — Le thiophénate de sodium est oxydé facilement, en milieu alcalin, par l'oxygène de l'air, pour donner le disulfure de phényle :



$$2\,C^6H^5 - SNa + O + H^2O = 2\,HONa + C^6H^5 - S - S - C^6H^5.$$

Le thiophénate peut avoir l'origine que nous lui attribuons dans le paragraphe précédent, mais on peut encore envisager, *a priori*, la coupure du sulfure de phényle par NH^2Na, ce qui donnerait à nouveau de l'aniline et du thiophénate de sodium.

La présence de plusieurs des composés trouvés à côté du sulfure de diphénylène, produit principal de cette réaction, peut donc s'expliquer par différentes hypothèses. Il convient d'établir des contrôles expérimentaux pour éliminer certaines de ces hypothèses.

Étant données les propriétés réductrices marquées de H Na, la première phase de l'opération est sans doute la transformation de la diphénylsulfinone en sulfure de phényle. En fait, de la sulfinone traitée par H Na préparé spécialement, est *rapidement* réduite en sulfure, à une température voisine de celle de nos opérations habituelles [1].

L'aniline ne prend naissance que par coupure de la diphénylsulfinone par NH^2Na. L'hypothèse de formation de cette base par coupure du sulfure de phényle n'est pas à envisager puisque, comme nous l'avons vérifié, ce corps n'est pas scindé par NH^2Na dans nos conditions d'expérience.

Notons tout de suite que la coupure de la diphénylsulfinone par la soude, scission qui donnerait l'acide benzène sulfinique et du benzène n'est pas à envisager, d'après nos expériences, pas plus d'ailleurs que la coupure du sulfure de phényle par ce même réactif.

Pour discriminer entre les deux hypothèses restantes, concernant la formation d'acide benzènesulfinique, il convient d'établir la présence soit de l'acide benzènesulfinique, soit de l'aldéhyde benzènesulfinique, dans le milieu de la réaction, avant l'hydrolyse.

(1) Nous avons dosé l'hydrure de sodium dans l'amidure employé, par la méthode de MM. Guntz et Benoit (*Bull. Soc. chim.*, 4e série, 41, 1927, p. 434). Nous en avons trouvé 3 pour 100.

L'aldéhyde benzènesulfinique, corps *a priori* très fragile, paraît difficile à isoler, intact, au cours des manipulations délicates qui régissent cette préparation. Nous avons alors pensé à en faire un dérivé éthylique, au sein même du milieu réactionnel.

A cet effet, nous avons répété la préparation du sulfure de diphénylène mais en faisant passer, dès le début, un courant d'hydrogène. Puis, avant hydrolyse, nous avons siphoné le benzène, lavé le précipité plusieurs fois avec du benzène et nous avons ajouté à dose massive du bromure d'éthyle dilué par cet hydrocarbure (U) puis nous avons repris la chauffe. Dans la solution benzènique (U) nous avons isolé la phényléthylsulfone $f = 43^\circ$, sans qu'il nous ait été possible de diagnostiquer la phényléthylsulfinone qu aurait sans doute pris naissance si l'aldéhyde benzènesulfinique eût été présent. Au surplus nous avons pu déceler du sulfure du phényle et d'éthyle et du disulfure de phényle, en sorte que la formation de l'acide benzènesulfinique semble bien due à l'oxydation d'une molécule d'aldéhyde benzènesulfinique par une autre molécule semblable qui, elle, se transforme en thiophénol et celui-ci passe, comme nous l'avons indiqué, à l'état de disulfure de phényle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'analyse et quelques propriétés des benzylcelluloses*. Note (¹) de MM. **Louis Meunier** et **M. Gonfard**, transmise par M. V. Grignard.

En raison de la stabilité exceptionnelle des benzylcelluloses, aucune méthode de dosage directe des groupements benzyl dans ces produits n'avait été utilisée jusqu'à présent; l'on avait recours à l'analyse organique, ou bien à la détermination de l'augmentation de poids de la cellulose après sa transformation en dérivé benzylé.

Nous avons établi une méthode basée sur le traitement, à l'ébullition, de la benzylcellulose par l'anhydride acétique, en présence de petites quantités d'acide sulfurique. Il y a formation d'acétate de benzyle que l'on entraîne à la vapeur d'eau surchauffée, en même temps que l'acide acétique. On neutralise exactement l'acide acétique à froid, puis l'on saponifie l'acétate de benzyle à l'ébullition, par un volume connu et en excès de soude

(¹) Séance du 17 mai 1932.

titrée. Le dosage de la soude en excès permet de calculer le pourcentage de groupements benzyl contenus dans la benzylcellulose.

Nous avons appliqué cette méthode à trois échantillons de viscosité variable, d'une même fabrication (Société des Résines et Vernis artificiels) et nous avons obtenu les résultats suivants :

Échantillon 1 (haute viscosité)	....	52,5 °/₀ $C^6H^5 - CH^2$
» 2 (moyenne viscosité)	....	53 »
» 3 (faible viscosité)	....	52,5 »

Ces trois échantillons répondaient donc à la formule $[C^6H^8O^5(CH^2 - C^6H^5)^2]^n$ avec des valeurs différentes de n, suivant leur viscosité.

Les propriétés hygrométriques des benzylcelluloses sont remarquablement peu accentuées; nous avons construit la courbe de reprise d'eau du produit 1, préalablement séché dans le vide sec, en fonction de l'état hygrométrique; on constate, par exemple, qu'avec un état hygrométrique de 70, après un séjour de 3 semaines au thermostat à 25°, la reprise d'eau de la benzylcellulose en grains n'est que de 1,97 pour 100. Dans les mêmes conditions, l'acétylcellulose secondaire en grains reprend 7,5 pour 100. En opérant sur des films minces de benzylcellulose, la reprise d'eau est encore plus faible et très inférieure à celle des films de nitro ou d'acéto-cellulose de même épaisseur.

Le gonflement dans l'eau de la benzylcellulose est pratiquement nul, mais il suffit d'additionner cette eau de 2 à 3 pour 100 de phénol ou d'aniline pour obtenir des gonflements dépassant 100 pour 100 sur des films minces.

Le dosage de l'aniline ou du phénol dans le film gonflé (C) et dans la liqueur de gonflement à l'équilibre (C') montre que le rapport C/C' est constant et égal à 10,7 dans le cas du phénol et à 8,8 dans le cas de l'aniline; il y a donc accord avec la loi de Henry et le passage de l'aniline ou du phénol dans le film de benzylcellulose est donc un simple phénomène de dissolution.

La résistance de la benzylcellulose à l'action des acides et des bases est exceptionnelle; des films maintenus pendant 3 mois au thermostat à 25° sont restés inaltérés dans des solutions de soude de concentration inférieure à 30 pour 100 et dans des solutions d'acide sulfurique de concentration inférieure à 50 pour 100.

Nous avons recherché si la présence des micelles en chaînes longues non orientées dans les collodions de benzylcellulose amenait des perturba-

tions importantes dans les lois de Poiseulle et de Stokes lorsqu'on déterminait la viscosité par la méthode du tube capillaire et la méthode à la bille.

Nous avons constaté, en conformité avec les déterminations récentes de Duclaux et Hirata sur les collodions de nitro-cellulose [1], que les collodions de benzylcellulose avaient une rigidité interne pratiquement nulle. En particulier, la méthode de l'étalement horizontal, appliquée à un collodion à 30^g de B. C. dans 150$^{cm^3}$ d'un mélange benzine-alcool à 30 pour 100 d'alcool, fournissait un film d'épaisseur constante et égale à 33 centièmes de millimètre à 0,5 centième près.

L'absence de rigidité est d'ailleurs due à l'indépendance des micelles et à la facilité avec laquelle elles peuvent s'orienter parallèlement les unes aux autres; cette orientation s'effectue automatiquement lorsque l'écoulement du collodion a lieu par un capillaire de diamètre convenable.

Dans l'application de la méthode à la bille, Barthélemy [2], avait montré sur les collodions d'acéto-cellulose qu'il était nécessaire de faire tomber successivement, au même point, et à courts intervalles, toute une série de billes, provoquant l'alignement des micelles sur leur trajet, avant d'arriver à une vitesse de chute constante. Nous avons vérifié qu'il en était de même avec les collodions de benzylcellulose.

En utilisant le viscosimètre de Baume à tube capillaire nous avons :

1° Étudié le mûrissement des collodions de benzylcellulose sous l'influence du temps et de la température et construit les courbes correspondantes. A 54°, le mûrissement est sensiblement terminé en 11 jours pour un collodion à 5 pour 100 de B. C. dans le mélange benzine-alcool, à 20 pour 100 d'alcool absolu; la viscosité passe alors de 0,456 à 0,26. Ce mûrissement correspond à une désagrégation plus poussée ou à une contraction des micelles.

2° Établi les variations de la viscosité avec la composition du solvant. En faisant varier la proportion d'alcool absolu dans le mélange benzine-alcool, la viscosité présente un minimum dont la situation varie entre 15 et 20 pour 100 d'alcool, suivant la concentration du collodion. Avec l'alcool hydraté titrant de 99 à 95 pour 100 d'alcool, le minimum existe toujours; il est d'autant plus bas que l'on s'éloigne davantage de l'alcool absolu.

L'existence de ce minimum est la conséquence naturelle de deux actions

(1) *Journ. Chim. Phys.*, 28, 1931, p. 537.
(2) *Chimie et Industrie*, 25, 1931, p. 819.

antagonistes : celle de la benzine qui « mouille » seulement les groupements $CH^2C^6H^5$ et celle de l'alcool qui « mouille » seulement les OH non éthérifiés.

MÉTÉOROLOGIE. — *Transparence de l'atmosphère pure*. Note de MM. **J. Duclaux** et **M. Hugon**, présentée par M. Brillouin.

La transparence de l'atmosphère intervient comme élément principal ou accessoire dans les recherches d'astrophysique (rayonnement solaire), de physique (signaux, phares) et d'astronomie (qualités des images télescopiques). A ce titre l'expression d'*atmosphère pure* est souvent employée, mais chacun l'entend à sa manière. Suivant les régions, on considère comme pures des atmosphères permettant la visibilité à 50, 100 ou 150^{km}; mais il n'y a pas de raison expérimentale pour choisir un de ces nombres plutôt qu'un autre, ni pour considérer le plus grand comme un maximum. En réalité la limite supérieure de visibilité, si elle existe, est au moins trois fois plus éloignée, et le nombre 0,974, qui est parfois donné comme représentant la transparence kilométrique maxima de l'atmosphère, est beaucoup trop faible.

La transparence expérimentale de l'air dépend, suivant une loi inconnue, de la longueur d'onde. Nous avons pu rassembler quelques nombres permettant une première évaluation, du rouge à l'ultraviolet. Ces nombres ont été obtenus par l'observation visuelle ou la photographie d'objets lointains, en plein jour et par un ciel absolument pur : ces conditions sont les seules dans lesquelles la notion de transparence a un sens précis. Les longueurs d'onde sont définies par les filtres colorés servant aux observations; ils se rapportent à une lumière suffisamment monochromatique.

Rouge, $\lambda = 6700$. La distance à laquelle un objet peut être vu est *très supérieure* à 317^{km}. En effet l'un de nous a pu voir à l'œil nu et dessiner en détail à la lunette, du Pic du Midi, en décembre 1930, les monts du Cantal situés à cette distance. Une photographie a été prise avec la longueur d'onde 7500; les contrastes n'ont pu être mesurés exactement sur la plaque, mais ils peuvent être estimés à 20 pour 100 au moins entre les parties sombres (versants à l'ombre) et le ciel, et à 30 pour 100 au moins entre les parties sombres et les parties claires (neiges au soleil). Ils auraient été encore perceptibles à une distance plus que double; on pourrait donc pho-

tographier, en lumière de longueur d'onde 7500, à 700 ou 800^{km}, si la courbure de la terre le permettait.

Jaune, $\lambda = 5840$. La même observation a été étendue le même jour à la lumière jaune. La visibilité était encore facile, bien que les contrastes fussent moins forts qu'en rouge, et malgré le diamètre apparent très faible (3 minutes) des objets visés.

Bleu violet, $\lambda = 4580$. Une observation déjà publiée de M. Gindre (¹) montre que la distance limite de visibilité est très supérieure à 200^{km} car à cette distance les contrastes peuvent être encore très nets.

Ultraviolet (filtre de Wood, $\lambda = 3650$). Pour ces radiations, nous avons pu faire au Pic du Midi des mesures très précises par photographie. Le plus souvent, pour des objets plus sombres que le ciel, la limite de visibilité sur la plaque est atteinte pour une distance de 55-65^{km}, pour des journées très claires. Exceptionnellement elle peut dépasser de beaucoup ce chiffre.

L'un de nous a pu, en octobre 1931, enregistrer sur des plaques plus ou moins contrastées des montagnes éloignées aux distances suivantes : 70-80^{km} pour un gamma de 1,5 à 2 ; 90^{km} pour un gamma de 3,5.

Pour fixer ces limites, nous avons admis que la limite de perceptibilité sur les clichés correspondait à une différence de densité optique de 0,02 entre l'image de la mire et le ciel adjacent. Il faut remarquer que les versants montagneux photographiés, étant partiellement neigeux et partiellement au soleil, avaient une brillance propre égale à au moins 20 pour 100 de celle du ciel, et que les contrastes étaient diminués d'autant : de plus l'étude des clichés montrait que l'air contenait encore de la brume, de telle manière que le chiffre de 90^{km} est encore loin de la limite.

Pour tirer parti de ces résultats, il faut dans chaque cas ramener l'épaisseur d'air traversée à la densité normale. Cette réduction faite, on peut tirer de chaque observation une valeur minima de la transparence atmosphérique pour la longueur d'onde employée. Les résultats sont les suivants :

Longueurs d'onde.	Distance limite (densité normale).	Transparence kilométrique (densité normale).
7500	$\gg 265^{km}$	$> 0,994$
6700	$\gg 265$	$> 0,990$
5840	> 265	$> 0,989$
4580	> 154	$> 0,975$
3650	> 65	$> 0,940$

(¹) *Bulletin de l'Observatoire de Lyon*, 11, 1929, p. 69.

Ces nombres se rapportent à l'air contenant de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau. Ils sont calculés très prudemment et nous n'avons aucun doute qu'ils peuvent être largement dépassés. Une observation de visibilité à 412^{km} (épaisseur réduite 348^{km}) vient d'ailleurs d'être faite par M. Garrigue (*La Nature*, 1932, p. 302); elle conduit à des nombres notablement supérieurs aux nôtres.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la transparence de l'air.* Note de M. **P. Chofardet**, présentée par M. Maurain.

Des observations de visibilité du mont Blanc ont été entreprises, depuis janvier 1912 jusqu'à nos jours, par les stations météorologiques de Chailluz, altitude 614^{m}, Montfaucon, altitude 610^{m}, voisines de Besançon. Il s'agissait d'obtenir mensuellement le nombre de jours pendant lequel la transparence de l'air était suffisante pour distinguer les hauts sommets alpins, le mont Blanc en particulier. Celui-ci, en direction SSE, est à une distance approximative de 165^{km} de Besançon.

Après une documentation reposant sur vingt années, 1912-1931, nous avons cru rationnel d'établir un résumé d'ensemble sur les observations de visibilité que nous possédons. Nous avons donc relevé en tableaux séparés les données relatives à chacune des stations précitées : Chailluz et Montfaucon. Mais de part et d'autre, quelques lacunes se sont révélées dès le deuxième semestre de 1914, début de la guerre, puis encore à la suite de mutations dans le personnel, lacunes peu nombreuses n'altérant en rien les résultats. Comme les situations géographiques de Chailluz et Montfaucon sont sensiblement les mêmes en altitude, direction et distance au mont Blanc, nous avons groupé indistinctement en un seul tableau (voir ci-contre) toutes les données mensuelles, mais sans les doubler.

Sur 1176 jours de visibilité que totalise notre tableau, 58 pour 100 appartiennent à la station de Montfaucon, le reste 42 pour 100 à celle de Chailluz. En prenant cette proportion pour base, il semblerait que le mont Blanc est vu plus souvent depuis la première station que de la deuxième, ce qui est possible, à vigilance égale, par la situation topographique particulièrement bonne de Montfaucon, placé comme en vigie sur la crête de la montagne, bien dégagé des autres collines, vallées et bois voisins, alors que Chailluz, émergeant de la grande forêt du même nom,

est plus exposé à avoir son horizon borné par la brume, les vapeurs sylvestres et les orages naturellement plus nombreux.

Nombre mensuel de jours pendant lequel le mont Blanc a été signalé.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	Jt	A.	S.	O.	N.	D.	Total annuel.
1912....	12	11	13	7	2	3	0	2	0	6	5	18	79
1913....	10	9	8	0	2	2	0	1	3	7	6	9	57
1914....	6	12	1	4	0	0	»	»	»	»	»	14	37
1915....	2	6	1	0	2	0	3	2	1	0	2	8	27
1916....	9	2	3	0	3	1	2	1	2	6	7	9	45
1917....	1	4	4	0	1	1	1	6	3	2	4	10	37
1918....	13	7	2	2	5	3	11	6	11	2	3	8	73
1919....	7	5	2	0	0	0	0	0	6	3	4	5	32
1920....	6	5	1	3	3	1	2	0	0	3	4	6	34
1921....	4	0	3	0	0	0	0	7	6	1	4	0	25
1922....	4	3	10	0	0	3	10	4	5	2	0	7	48
1923....	3	7	0	3	11	0	3	21	7	5	6	1	67
1924....	15	6	6	7	1	2	3	7	10	8	9	14	88
1925....	16	9	1	2	1	4	4	9	10	7	5	11	79
1926....	15	8	0	2	1	2	2	5	7	6	14	6	68
1927....	11	10	5	6	1	10	8	8	5	10	4	10	88
1928....	8	11	3	3	2	9	6	10	2	11	8	12	85
1929....	10	6	4	3	1	1	2	5	6	11	14	10	73
1930....	17	5	5	1	0	2	3	9	3	6	9	8	68
1931....	9	5	6	2	1	3	7	4	3	8	9	9	66
										Total.......			1176
Moy..	8,9	6,5	3,9	2,2	1,8	2,3	3,3	5,6	4,7	5,5	6,1	8,7	

Par les moyennes mensuelles, on constate que la fréquence de visibilité du mont Blanc atteint un maximum en hiver, pendant les jours les moins lumineux de l'année, janvier, décembre, et un minimum quatre fois moindre en avril, mai, juin. La courbe facile à concevoir tracée avec ces moyennes est bien continue, sauf accidentellement au septième mois, du fait de la limpidité exceptionnelle de l'air, 21 jours de visibilité, en août 1923. Notons encore 31 mois de la période considérée pendant lesquels le mont Blanc n'est pas observable, principalement pendant les mois à minima : 7 fois pour avril, 5 fois pour chacun des mois de mai et juin...

D'autre part il résulte des observations que :

1° Le mont Blanc est plus souvent visible le matin, au lever du Soleil, qu'à tout autre moment du jour. Parfois, mais assez rarement, la pureté de l'air reste propice la journée entière.

2° La visibilité est notée tout aussi fréquente par ciel couvert que par beau ciel. Ceci ne peut surprendre par le fait que le ciel où se trouve l'observateur étant plafonné de nuages compacts, atténuant l'éclairement solaire local, l'air est aussi plus humide, donc plus transparent et le mont Blanc, pour peu qu'il soit ensoleillé, doit se détacher parfaitement sur le fond sombre du ciel lui servant d'écran.

3° C'est par les vents soufflant de l'Océan, généralement humides, que la visibilité du mont Blanc est la meilleure et la plus répétée. Il est constaté aussi que les images restent bonnes encore quelques jours, lorsque après la pluie le vent change de régime et passe à l'Est.

4° Certains jours les massifs neigeux de l'Oberland Bernois s'aperçoivent tandis que le mont Blanc, d'altitude bien supérieure, a disparu du champ de visibilité : cas pouvant se justifier étant donnée que la cime des hautes montagnes baigne de temps à autre dans les nuages, d'où éclairement nul ou très affaibli de l'image.

PALÉOBOTANIQUE. — *Caractères de la flore du Culm dinantien de Champenay, dans la haute vallée de la Bruche.* Note de MM. **Paul Corsin** et **Georges Dubois**, transmise par M. Ch. Barrois.

Les couches du massif schisto-grauwackeux de la Bruche (Vosges moyennes) étaient attribuées au Dévonien. Bleicher et Mieg en 1883, Vélain puis Bleicher en 1887, y recueillirent en divers points (1) des fossiles carbonifères. Mais la faune signalée par Vélain, fut reconnue dévonienne par Jaeckel; des fossiles mésodévoniens furent par la suite trouvés en plusieurs localités de la haute vallée de la Bruche; comme les restes végétaux mentionnés par Bleicher et Mieg étaient peu déterminables ou de signification stratigraphique imprécise, l'attribution au Dévonien de tout le complexe schisto-grauwackeux de la Bruche fut généralement conservée par presque tous les géologues. Toutefois certains d'entre eux et tout dernièrement Jung, réservaient la possibilité de la présence du Dinantien (Tournaisien) dans le massif, mais seulement dans la région de Wisches-Hersbach.

Nous avons déjà, l'année dernière (2), annoncé la découverte faite en

(1) Bleicher et Mieg, *Comptes rendus*, 96, 1883, p. 73-75; Vélain. *Comptes rendus*, 104, 1887, p. 1861-1865; Bleicher, *Comptes rendus*, 105, 1887, p. 1081-1083.

(2) P. Corsin, G. Dubois, L. Guillaume, *C. R. Soc. géol. Fr.*, n° 7, 1931, p. 84-85.

compagnie de L. Guillaume, de quelques débris de végétaux déterminables, dans un schiste grauwackeux, à Champenay (commune de Plaine, Bas-Rhin), à peu de distance, d'ailleurs, de gîtes de fossiles mésodévoniens. Ces débris végétaux sont carbonifères, conformément à l'opinion de Bleicher et Mieg.

Le gisement de plantes carbonifères de Champenay consiste en un étroit affleurement de schistes, dans lequel les débris de plantes sont rares, fortement détériorés. Pourtant, après des fouilles répétées, une florule a pu être rassemblée, que nous venons d'étudier. Elle comprend : *Sphenopteridium dissectum* Göppert (commun), *Cardiopteris frondosa* Göppert (assez commun), *Rhacopteris inæquilatera* Göppert, *Rhacopteris cf. Geikiei* Kidston, *Rhacopteris cf. circularis* Walton, *Sphenopteris foliolata* Stur, *Ulodendron*, débris d'Articulales.

Ces espèces de Champenay se retrouvent dans le culm dinantien de l'Europe Centrale, dans celui de Lenzkirch en Schwarzwald, de Fuissé en Mâconnais, dans l'oil shale group du Carbonifère d'Écosse. Leur groupement caractérise la partie moyenne du Dinantien et plus précisément le Viséen inférieur.

La flore de Champenay doit être comparée plus particulièrement à celle de la grauwacke et dépôts associés du massif des Ballons, dans les Vosges méridionales (gisements des environs de Thann, de Bourbach-le-Bas, Champary, col de Bussang), dans laquelle dominent *Cardiopteris frondosa* Göppert ou des formes très voisines, ainsi que des *Sphenopteridium* parmi lesquels *Sph. Collombi* Schimper dont certains aspects sont très voisins de *Sph. dissectum*. La flore de Champenay est plus pauvre que celle de Thann-Bourbach-le-Bas, ses éléments en sont plus détériorés, les restes de troncs de Lépidodendrées y sont beaucoup plus rares; ceci nous paraît en relation avec des conditions paléogéographiques marines plus accentuées à Champenay qu'à Thann; mais les deux flores sont très sensiblement du même âge Viséen.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur les relations de la plasticité des membranes cellulaires et la croissance des végétaux.* Note [1] de M. **A. N. J. Heyn**, présentée par M. Molliard.

Une série de travaux récents, en particulier ceux de Went, ont mis en évidence une relation entre la croissance cellulaire et la présence d'une substance spéciale qui ressemble à une hormone et qu'après Kögl et Haagen Smit nous appellerons *auxine*.

Dans des recherches antérieures, nous avons montré que dans des organes dont *on a arrêté la croissance*, la plasticité des parois cellulaires est augmentée sous l'influence de cette substance et que d'autre part la turgescence normale peut étendre irréversiblement ces parois de grandes plasticité. C'est surtout en nous fondant sur ces deux faits que nous avons formulé une théorie de la croissance, d'après laquelle ce serait en influençant la plasticité que l'auxine déterminerait l'allongement cellulaire, l'extension plastique des parois étant la première phase du processus.

Enfin, dans un travail antérieur, Van Overbeek et moi, avons montré que l'extensibilité élastique des *tissus turgescents* de coléoptile est influencée sous l'action de l'auxine de croissance; il semblerait donc que l'extensibilité élastique des *parois* le serait aussi.

C'est pourquoi il nous a paru important d'étudier parallèlement les variations de plasticité et d'extension élastiques des parois au cours des modifications de vitesse de l'allongement cellulaire, et cela d'autant plus que d'après les théories antérieures (Sachs) de croissance cellulaire, ce serait l'extensibilité élastique qui déterminerait la croissance, en provoquant une extension réversible plus grande des parois, ce qui rendrait possible la production d'un dépôt plus intense de particules nouvelles dans la paroi et pour cela une plus grande rapidité de croissance.

Dans la présente Note, nous nous proposons de montrer que dans des organes *en voie d'allongement*, la vitesse de croissance et la plasticité marchent parallèlement l'une et l'autre, d'une manière quantitative, en sorte qu'il n'y a pas de croissance quand il n'y a pas de plasticité.

On sait que dans des coléoptiles d'*Avena sativa*, la vitesse de la croissance en longueur tombe rapidement lorsqu'on a sectionné la pointe de cet organe. Au bout de 2 heures, il y a un minimum pendant lequel l'allon-

(1) Séance du 17 mai 1932.

gement est à peu près réduit à o pour remonter ensuite. Pour la détermination de la plasticité, nous avons utilisé la méthode qui nous avait servi dans nos recherches antérieures.

Par cette méthode, nous avons pu déterminer les variations de la plasticité. En même temps, à l'aide du raccourcissement obtenu par la plasmolyse, nous avons déterminé celles de l'extension élastique.

Les résultats obtenus peuvent être résumés comme il suit. La plasticité et la vitesse d'allongement varient quantitativement de la même manière. Ainsi le minimum se produit-il en même temps au bout de 2 heures après le sectionnement de l'extrémité. L'extension élastique, au contraire, se modifie très peu. Après une heure, elle est à peu près la même qu'avant le sectionnement. Ensuite, elle baisse d'une manière constante et très lente pendant 5 heures au moins. La plasticité diminue jusqu'à 5 pour 100 par rapport à celle des plantules intactes et remonte de nouveau après 2 heures, tandis que l'extension diminue d'heure en heure d'environ 5 pour 100 et ne remonte pas avant 5 heures.

Les tableaux que nous reproduisons ici représentent les moyennes d'environ 10 plantules sectionnées depuis quelque temps (D) et d'environ 10 plantules intactes témoins (N); l'erreur moyenne est de $\pm 1,8$ dans le Tableau II et de ± 4 dans le Tableau III. L'extensibilité élastique des tissus turgescents des coléoptiles subit des variations atteignant jusqu'à 50 pour 100.

Tableau I. — *Valeurs de la croissance après sectionnement de la pointe* (en μ).

Temps (heures).		½—0.	0—½.	½—1.	1—1½.	1½—2.	2—2½.	2½—3.	3—3½.
a.	N....	21,5	24,0	21,7	30,0	22,5	22,2	22,5	–
	D....	–	22,7	10,9	5,5	0,0	4,2	6,3	–
b.	N....	–	27,7	29,3	36,5	31,2	34,2	30,2	29,2
	D....	–	26,0	21,6	8,0	2,2	4,0	10,4	16

Tableau II. — *Valeurs de la plasticité après sectionnement* (en degrés).

Temps (heures).		0.	1.	1½.	2.	3.	4.
a.	N....	16,8	17,8	–	15,2	17,9	12,0
	D....	–	7,5	–	2,6	7,5	8,7
b.	N....	19,0	–	14,2	–	17,3	–
	D....	–	–	2,8	–	6,8	–
c.	N....	11,8	10,0	–	–	–	–
	D....	–	4,4	–	2,8	–	–
d.	N....	15,0	–	14,0	–	–	–
	D....	–	–	2,3	–	–	–

TABLEAU III. — *Valeurs de l'extension élastique après sectionnement de la pointe* (en μ).

Temps (heures).		0.	1.	1 1/2.	2.	3.	3 1/2.	4.	5 1/2.
a.	N....	112,7	–	109,1	–	–	104,1	–	108,7
	D....	–	–	100,9	–	–	85,7	–	81,4
b.	N....	105,2	114,4	–	116,6	–	–	–	–
	D....	–	110,2	–	92,0	–	–	–	–
c.	N....	99,7	98,8	–	101,8	–	–	–	–
	D....	–	91,8	–	92,0	–	–	–	–
d.	D....	104,1	–	93,5	–	79,3	–	78,7	–

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches expérimentales sur la cytocinèse et la formation de la plaque cellulaire dans la cellule vivante.* Note de M. **W. A. Becker**, présentée par M. L. Mangin.

La division de la cellule, étant en relation étroite avec la division caryocinétique du noyau, constitue un des problèmes les plus importants de la cytologie végétale. De nombreuses publications, concernant la structure et le caractère de la plaque cellulaire (Zellplatte), font preuve de cette importance. Nos recherches personnelles, qui se sont orientées justement dans le même sens, ont pour objet la cellule vivante, à l'étude de laquelle nous avons appliqué la méthode de coloration vitale, de coagulation réversible (Bělař) et de plasmolyse.

La discussion sur la cytocinèse, pendant laquelle sur le phragmoplaste apparaît une plaque cellulaire, se rapporte actuellement aux points suivants : 1° à la structure de la plaque cellulaire en formation : forme-t-elle dès le commencement une ligne continue ou est-elle constituée par la fusion de granules ? 2° au rapport de la plaque cellulaire à la future membrane cellulaire : subit-elle un clivage ou non ; 3° à la provenance de la substance aux dépens de laquelle se forme la plaque cellulaire.

L'observation directe de la formation de la plaque cellulaire dans la cellule vivante du poil staminal de *Tradescantia virginiana* nous a permis de constater qu'elle apparaît sous l'aspect de granules (petites vacuoles), qui se fondent bientôt en une seule ligne continue. Le processus de formation de ces granules est subit, donc leur observation est très difficile. Nous avons réussi néanmoins d'obtenir des épreuves photographiques qui illustrent

l'apparition de la plaque cellulaire, et qui constituent la preuve objective de nos observations.

En appliquant la méthode de coloration vitale [*Ueber die Vitalfärbung der Zellplatte* (*Protoplasma*, 15, p. 478-481)], nous nous sommes rendu compte que la coloration du phragmoplaste a lieu dans sa partie équatoriale, entre les noyaux. Elle a l'aspect d'une ligne fragmentée (granules?), et, petit à petit, elle semble grossir, en ayant l'air de s'élargir sur lesdeux côtés du phragmoplaste. En aucun moment, nous n'avons pu constater de la descente de substances, colorables vitalement, des noyaux vers la région équatoriale de la cellule et qui y formeraient la plaque cellulaire, comme certains auteurs l'admettent actuellement (Dembowski et Ziegenspeck). Quand on soumet une cellule, dans laquelle se forme la plaque cellulaire colorée vitalement ou non, à l'action de la coagulation complète ou réversible avec l'acide acétique dilué, on peut alors se rendre compte qu'à la place de la plaque cellulaire apparaît une rangée de territoires transparents et vides, tandis que les deux bords du phragmoplaste sont fortement coagulés et rétrécis. La plasmolyse de cellules pourvues de la plaque cellulaire montre que le phragmoplaste subit, à l'endroit de la plaque cellulaire, un écartement. Quand on plasmolyse une cellule, ayant la plaque colorée vitalement, on observe également le même écartement se produisant au milieu de la région colorée. On peut constater, en même temps, la coloration nette de deux bords du phragmoplaste, adhérents à la fissure. Nous n'avons pu, jusqu'à présent, constater avec certitude la coloration de la substance, déposée dans cette fissure.

Ces observations permettent de conclure que, pendant la formation de la plaque cellulaire, il se passe le processus d'Entmischung de deux phases : d'une plus solide des bords du phragmoplaste et de l'autre plus liquide des granules (vacuoles). Ce processus conduit, en même temps, à l'écartement du phragmoplaste dans sa région équatoriale, donc à la formation de deux pellicules protoplasmiques (Hautschicht), appartenant à deux cellules filles. Ce processus est limité au phragmoplaste, ce qui n'exclut pas la provenance nucléaire des substances en question.

Les données mentionnées ci-dessus nous obligent de formuler une opinion un peu différente de celle qui existe jusqu'à présent au sujet de la structure du fuseau cytocinétique et de la plaque cellulaire observés sur le matériel fixé. La structure fibrillaire du phragmoplaste et granuleuse de la plaque cellulaire constituent une image statique des processus d'écarte-

ment du phragmoplaste dans sa région équatoriale qui se produisent comme résultat du phénomène d'Entmischung. Les travaux de nombreux cytologistes, décrivant le procès d'augmentation du nombre des « fibres fusoriales » dans sa région équatoriale au moment de la cytocinèse, en font preuve. L'action des fixateurs qui provoquent l'apparition de ces structures doit être interprétée dans le même sens que les phénomènes de coagulation réversible et de plasmolyse de la cellule vivante. Cette interprétation est en concordance avec les récentes recherches, suivant lesquelles la structure fibrillaire du fuseau consiste dans sa lamellisation sous l'influence de certains modes de fixation (Bělař, Robyns). Si l'on applique à la cellule ainsi fixée la méthode de coloration par l'hématoxyline ferrique, on peut alors constater que ce sont les bords plasmatiques du phragmoplaste en rupture qui se colorent et non les espaces contenus entre eux. Les schémas de la cytocinèse admis jusqu'à présent doivent donc être changés.

ZOOLOGIE. — *Sur la reproduction néoténique chez* Polystomum integerrimum *Frœlich.* Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Caullery.

Dans ses recherches sur le cycle de *Polystomum integerrimum* Frœlich (*Trematoda*, *Monogena*, *Polyopisthocotylinea*), parasite des branchies et de la vessie de *Rana temporaria*, L., Zeller (¹) signale le cas où l'évolution de ce ver peut être considérablement accélérée lorsque l'infestation a lieu sur des têtards très jeunes.

Normalement la ponte de *P. integerrimum* se produit à la même époque que celle de *R. temporaria*, c'est-à-dire, dans nos régions, au début du mois de mars. Après huit à dix semaines, les jeunes larves éclosent et vont se fixer sur les branchies internes de têtards assez âgés déjà, l'éclosion des têtards ayant lieu généralement au début d'avril, celle des Polystomes en mai. Au moment de la métamorphose de l'hôte, les larves quittent les branchies et, par le tube digestif, vont se fixer dans la vessie. Là, elles subissent une lente croissance, et c'est seulement la troisième année qu'elles attein-

(¹) E. Zeller, *Untersuchungen über die Entwicklung und den Bau des* Polystomum integerrinum (*Zeits. für wiss. Zool.*, 22, 1872, p. 1-28), *Weitere Beiträge zur Kenntniss des* Polystomum integerrimum (*Ibid.*, 27, 1876, p. 238-275).

dront la taille du Polystome adulte en même temps que leur maturité sexuelle.

Zeller rapporte que si les jeunes larves se fixent sur de très jeunes têtards, leur croissance est beaucoup plus rapide : au bout de cinq semaines le ver est sexuellement mûr, pond des œufs, possède ses six ventouses, mais l'appareil génital est simplifié et la taille très inférieure à celle de l'adulte.

Cet exemple de développement accéléré ayant été invoqué au cours de discussions récentes [1] et laissant place, pour certains, à quelques incertitudes, j'ai entrepris de vérifier expérimentalement les faits signalés par Zeller et de chercher dans quel sens il y a lieu de les interpréter.

J'ai institué dans ce but une série d'expériences, dont j'exposerai ici simplement les résultats généraux, me proposant d'en donner le détail dans un travail d'ensemble sur la biologie de *Polystomum integerrimum*.

Dans quatre séries, dont je groupe ici les résultats, j'ai placé 150 têtards dans des cristallisoirs où venaient d'éclore les larves issues de 4500 œufs de Polystomes. Ces têtards, qui nageaient activement, étaient aux stades munis de branchies externes (jusqu'au moment où il n'en reste qu'une houppe du côté du spiracle).

Les infestations de ces quatre séries ont eu lieu du 9 au 19 mars. J'ai examiné les têtards dans l'ordre des séries, du 12 au 24 avril. La plupart d'entre eux étaient parasités et il est très facile d'observer les vers par transparence dans la cavité branchiale, où ils forment de petites masses blanchâtres bien nettes.

J'ai disséqué 33 de ces têtards, 6 d'entre eux ne contenaient pas de parasites. Les 27 autres m'ont donné 69 petits Trématodes : 58 étaient fixés à la base de la cavité branchiale, du côté opposé au spiracle.

Il y avait, sur 1 têtard, le plus souvent 2 Polystomes fixés, plus rarement 1, mais parfois 5, et dans un cas 6.

Tous ces Polystomes ont eu leur développement considérablement accéléré. Dans l'ensemble, mes observations, que je résume brièvement ici, confirment ce qu'avait vu Zeller. La longueur du corps atteint au maximum $2^{mm},5$ à 3^{mm}, la largeur 1^{mm}, mais il y a d'assez grandes variations : la plupart des vers ont $1^{mm},5$ de long et $0^{mm},5$ de large, parfois même la taille est encore moindre. La taille normale de l'adulte est de $10\text{-}12^{mm}$, sur $4\text{-}5^{mm}$. La partie postérieure de corps possède 6 ventouses bien développées et

(1) *L'évolution en Biologie*, Paris, Renaissance du Livre, 1929, p. 31-32. — M. Caullery, *Le problème de l'Évolution*, p. 373-374, Paris, Payot, 1931.

fonctionnelles, mais le système des crochets est profondément modifié. Sur certains exemplaires, un ou les deux grands crochets caractéristiques de l'adulte manquent; quand ils existent ils sont beaucoup plus grêles. Enfin les 16 crochets de la larve ont plus ou moins disparu, mais il en reste quelques-uns, en particulier ceux qui existent au fond des ventouses. Le tube digestif, rempli d'un contenu brunâtre, ne présente pas le réseau caractéristique de l'adulte.

Mais ce qui est le plus remarquable chez ces vers, c'est le développement de l'appareil génital, qui est fonctionnel au bout d'un mois, alors que, chez la larve évoluant normalement, c'est vers le quatrième mois qu'apparaît l'ébauche génitale, et c'est seulement dans la troisième année que mûrissent les premiers œufs. Ceux-ci sont fécondés, pondus, et donnent une nouvelle génération. La différence essentielle entre l'appareil génital de l'adulte et celui des « larves accélérées », c'est l'absence, chez celles-ci, d'un utérus et des deux vagins latéraux. Il y a, dans l'ootype, presque toujours un œuf en formation. Enfin l'ovaire est droit, presque cylindrique et ne présente pas l'aspect claviforme de celui de l'adulte.

En résumé, une infestation des têtards possédant encore leurs branchies externes, par les larves de Polystomes, détermine une évolution très rapide de celles-ci. En un mois elles atteignent leur maturité sexuelle, au lieu de trois ans dans les conditions normales. Mais l'accélération du développement des divers organes n'est pas identique pour tous; de plus la structure de ces organes et en particulier celle du système génital présente des anomalies importantes.

Ces observations vérifient donc complètement celles de Zeller.

Certains organes ou tissus n'ayant pas acquis leur structure définitive, on peut donc rapprocher ce cas de ceux où la maturité sexuelle est atteinte à un état plus ou moins larvaire et pour lesquels on a proposé les termes de néoténie et de progenèse.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la teneur en protéines du sérum d'Anguille et ses variations au cours des changements de salinité*. Note de Mlle **S. Firly** et M. **M. Fontaine**, présentée par M. L. Joubin.

Ces recherches ont été effectuées à plusieurs reprises sur des Anguilles de provenances diverses, chaque série de dosages portant sur des animaux

de même origine (1). Chaque anguille était saignée par l'artère branchiale; e sang était aussitôt défibriné, centrifugé et la teneur en protéines du sérum était déterminée par une méthode pondérale (2).

Première série. — Anguilles d'avalaison provenant de la Loire. Poids des individus : de 779 à 2200g (janvier).

Teneurs en protéines par litre de sérum des Anguilles.

Eau douce.	Durée de séjour.	Eau de mer.
g 68,500	3 jours	55
63,320	6 »	40
69,300	11 »	40,200
61,200		
Moyenne : 65,580		

De cette première série d'expériences se dégagent très nettement les conclusions suivantes :

Le passage de l'eau douce à l'eau de mer entraîne chez l'Anguille une diminution très importante de la teneur en protéines du sérum (diminution d'environ 39 pour 100). Cette diminution s'effectue lentement et exige plusieurs jours pour atteindre sa valeur maxima.

Deuxième série. — Anguilles achetées aux Halles de Paris. Poids de 400 à 768g (avril).

Ces Anguilles étaient d'aspect extérieur assez variable, de développement sexuel très différent (le rapport, poids des organes génitaux/poids total, variait considérablement selon les individus) et enfin, d'origine géographique indéterminée, aussi avons-nous obtenu pour les anguilles normales des chiffres moins cohérents que dans le cas du lot précédent.

Teneurs en protéines du sérum des Anguilles.

Normales.	Durée du séjour.	Eau de mer.
De 60g,66 à 87g,14	8 jours	46,33
Moyenne : 71g,80	9 jours	47,33
	Moyenne	46,83

Donc, ces résultats (baisse d'environ 35 pour 100 de la teneur en protéines du sérum) confirment pleinement les précédents.

Troisième série. — Anguilles provenant de Martigues (Bouches-du-Rhône)

(1) Dans chaque série, sont indiqués la provenance des Anguilles, leur poids et l'époque à laquelle ont été effectuées les recherches.

(2) Kayser, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 12, 1930, p. 533.

et conservées au Musée de Monaco soit dans l'eau douce, soit dans l'eau de mer. Poids de 468 à 1355^{g} (mars) :

		Teneurs en protéines.
Anguilles conservées un mois dans l'eau douce au Musée		55
		48,33
Anguilles conservées dans l'eau douce 1 mois, puis transportées dans l'eau de mer et saignées après un séjour de	2 heures	49,75
	8 jours	39,66
Anguilles conservées dans l'eau de mer dès leur réception de Martigues et saignées au bout de	3 semaines	38,8
	1 mois	43,66
Anguille de 2^{kg},250 conservée depuis plusieurs années dans l'eau de mer au Musée de Monaco		46,25

Nous tirerons de cette troisième série d'expériences les conclusions suivantes :

1° Le taux des protéines des Anguilles gardées un mois dans l'eau douce est très sensiblement plus faible que celui des Anguilles étudiées à Paris. D'après les renseignements recueillis, malheureusement imprécis, les Anguilles provenant de Martigues auraient été pêchées dans des étangs en communication avec la mer et dont les eaux présentent une salinité assez voisine de celle de la Méditerranée. Ces résultats tendraient donc à prouver que des Anguilles ayant séjourné longtemps dans l'eau de mer ne peuvent pas ramener, même après un séjour d'un mois dans l'eau douce, leurs protéines au taux normal des Anguilles d'eau douce.

2° Un séjour de 2 heures dans l'eau de mer n'entraîne aucune modification de la teneur en protéines, fait qui cadre bien avec les conclusions de notre première série d'expériences, ainsi d'ailleurs que la diminution encore notable observée pour un séjour de plus longue durée (8 jours).

3° Il semble exister un léger relèvement de la teneur en protéines (46^{g},25) pour les Anguilles ayant séjourné longtemps dans l'eau de mer, mais un très large écart les sépare encore à ce point de vue des Anguilles d'eau douce qui présentent toujours une teneur supérieure à 60.

Cette baisse des protéines, nettement établie chez l'Anguille au cours du passage en eau de mer, lui est-elle particulière ou se produit-elle également chez les poissons sténohalin ?

La question est évidemment assez difficile à résoudre puisque cette variation de la teneur en protéines exige pour se manifester, un séjour de plusieurs jours dans l'eau de mer. Nous espérons toutefois que des expériences en cours nous permettront d'apporter quelques précisions sur ce point.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Remarques sur le phénomène de Boas*. Note de MM. **Ph. Lasseur**, **A. Dupaix** et **L. Georges**, présentée par M. H. Vincent.

Boas a étudié longuement l'action sélective de l'ion SCN_- sur un mélange de Bactéries et de Champignons.

Pour expliquer ce phénomène le savant botaniste allemand reconnaît au sulfocyanure *une puissante action de surface* au sens de Traube, qui se traduit par l'adsorption considérable de l'ion SCN_-. Fixé, l'ion SCN_- ne peut plus être déplacé par d'autres ions, ainsi que cela s'observe pour les anions PO^4 ou SO^4. Secondairement l'ion SCN_- précipite les lipides qui protègent la cellule contre l'adsorption. L'ion SCN_- augmente ainsi l'adsorption des substances diverses et détermine corrélativement un gonflement des protéines.

Conformément à cette théorie nous avons étudié la fixation d'une substance colorante (Bordeaux B) en présence et en l'absence de sulfocyanure de potassium par une Bactérie (*B. caryocyaneus*) et par un Champignon (*Monilia albicans*).

pH des solutions-tampons ajoutées aux systèmes.	pH des systèmes		Volume des plastides exprimé en cm³		Colorant fixé par les plastides exprimé en milligr.	
	en l'absence de KSCN.	en présence de KSCN.	en l'absence de KSCN.	en présence de KSCN.	en l'absence de KSCN.	en présence de KSCN.
			I. *B. Caryocyaneus.*			
2,2.....	2,58	2,65	0,125	0,090	134,6	118,75
3.......	3,31	3,24	0,100	0,090	133,5	112,5
5.......	5,23	4,93	0,150	0,105	72	55,75
7.......	6,98	–	0,150	0,150	33,75	33,75
8.......	–	–	0,125	0,120	29	29
			II. *Monilia Albicans.*			
2,2.....	2,44	2,94	0,300	0,180	51,5	111
3.......	3,02	3,44	0,280	0,167	47	103,5
5.......	4,98	4,95	0,295	0,190	24,75	42,5
7.......	6,79	6,67	0,325	0,195	16	22,5
8.......	–	–	0,295	0,180	16	16

Dans des systèmes de pH différents nous avons mesuré la tension super-

ficielle et le volume des corps microbiens en présence et en l'absence de sulfocyanure de potassium.

Ce sont ces tentatives que nous allons esquisser dans les lignes qui suivent.

Dans nos recherches, la composition du système le plus complexe s'exprime de la façon suivante : suspension + solution colorante + KSCN 4N + solution tampon. Lorsque nous avons supprimé un des composants du système, nous l'avons remplacé par un volume égal d'eau distillée. afin d'opérer toujours sous un volume constant. Quelques-unes des valeurs obtenues sont relatées dans le tableau ci-dessus.

Avec *B. caryocyaneus* et en l'absence de sulfocyanure de potassium, on observe un minimum de gonflement vers pH = 3,6. L'addition de sulfocyanure de potassium détermine toujours une contraction de volume quel que soit le pH du système. Cette contraction s'observe dans la zone des pH variant de pH = 7 à pH = 2,65. Le minimum de gonflement paraît s'observer aux environs de pH = 3,24. Il est à noter que les minima de gonflement correspondent sensiblement aux maxima d'adsorption du colorant, que le système soit on non additionné de sulfocyanure.

De pH = 6 à pH = 2,6, la quantité de colorant fixée est moins grande en présence de sulfocyanure qu'en l'absence de cet électrolyte. Par contre, de pH = 6,17 à pH = 7, les plastides fixent davantage de colorant lorsqu'elles sont additionnées de sulfocyanure de potassium.

Dans ces essais le sulfocyanure de potassium : 1° ne détermine pas de gonflement des plastides ; 2° il n'augmente l'adsorption d'une substance étrangère (colorant) que pour une zone étroite de pH variant de pH = 6,2 à pH = 7.

Comme *B. caryocyaneus*, *Monilia albicans* offre un minimum de volume aux environs de pH = 3 ou pH = 3,4 suivant que le milieu a été additionné ou non de sulfocyanure de potassium. De même l'ion SCN_- détermine une contraction considérable des corps microbiens, mais le Champignon se distingue nettement de la Bactérie en ce sens qu'il offre un second minimum de volume aux environs de pH = 6,3. De plus, la quantité de colorant fixée par *Monilia albicans* est bien plus grande en présence de sulfocyanure qu'en l'absence de cet électrolyte, et cela de pH = 8 à pH = 2,44.

En résumé, dans ces essais, une Bactérie et un Champignon se sont comportés de façon très différente vis-à-vis de l'ion SCN_- ; mais, contraire-

ment à la théorie de Boas nous n'avons jamais constaté un gonflement de l'élément microbien. Par contre dans certains essais (*Monilia albicans*) l'ion SCN_- augmente la fixation d'une substance étrangère. Il ne saurait être question de généralisation hâtive.

Au cours de ces recherches, nous avons constaté, en outre, l'influence de la nature de la solution tampon sur les variations de volume, de tension superficielle et d'adsorption du colorant en présence et en l'absence de l'ion SCN_-. Ainsi, avec différentes solutions tampons : A, B, C [1] de pH = 2,2 vérifié expérimentalement, nous constatons que la solution A se différencie nettement des solutions B et C, tant au point de vue des variations de volume et de tension superficielle que de la quantité de colorant fixée. Nous retrouvons donc après Gabriel Bertrand (1909-1912-1913) et ses élèves, Kopaczewski (1912-1915-1931) et Boas (1927) des faits paraissant établir que la concentration en ions H n'est pas le seul facteur qui intervienne dans les processus biologiques, il faut encore tenir compte de la *nature du radical auquel l'hydrogène est attaché dans la molécule acide.*

PROTISTOLOGIE. — Archæomonadaceæ, *une famille nouvelle de Protistes fossiles marins à loge siliceuse.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Mêlés aux Diatomées marines de certains dépôts fossiles du Tertiaire, se rencontrent d'assez nombreux organismes siliceux peu ou point étudiés jusqu'ici. Parmi ceux-ci, il est toute une série de loges siliceuses qui forment un groupe apparemment homogène et que je propose de réunir dans la famille nouvelle des Archæomonadacées.

Rencontrées dans des récoltes récentes d'eau douce, ces loges seraient très certainement prises pour des kystes de Chrysomonadines. En dehors de la composition siliceuse semblable, la plupart, en effet, en présentent la morphologie générale ainsi que les mêmes divers systèmes d'ornementation. D'une façon générale, elle sont très petites : les plus grandes atteignent une vingtaine de μ, mais la majorité oscille entre 6 et 10 μ. Les plus forts grossissements et même certains artifices d'éclairage sont nécessaires pour les étudier.

---

[1] A = KCl + HCl ; B = Acide citrique + PO^4Na^2H ; C = Phtalate acide de potassium + HCl.

Ces loges ayant dû faire partie du nannoplancton des mers tertiaires, j'ai recherché leur trace parmi les organismes connus dans le nannoplancton actuel. Parmi ceux-ci, il en est peu qui possèdent une enveloppe siliceuse. Les *Aurosphæraceæ* de Schiller ont des dimensions voisines de nos *Archæomonadaceæ*, mais leur enveloppe grêle, hérissée de fines épines et dépourvue de pores est totalement différente. On ne peut vraiment rapprocher les *Archæomonadaceæ* que des formes trouvées par Lohmann dans la mer du Nord, que Pascher signale à propos du *Chrysococcus dokidophorus*, Chrysomonadine d'eaux douces et saumâtres.

Il faut d'ailleurs noter que nous ne pouvons dire avec certitude si nos loges fossiles ont abrité le protoplasme d'organismes flagellés nageurs, ou si elles ne sont que les kystes de flagellés nus, tels que les *Chromulina*, ou plus ou moins loriqués comme les *Mallomonas*, lesquels flagellés n'auraient pas laissé d'autres traces.

Il est aussi probable que certaines de nos formes fossiles ont des rapports avec les nombreuses Chrysomonadines nues qui peuplent encore aujourd'hui les eaux de surfaces des océans, où elles ont été signalées par Lohmann. Malheureusement, ces Chrysomonadines ne sont pas autrement connues, et l'extrême difficulté de leur étude, l'impossibilité actuelle de les cultiver, ne permettent pas d'espérer de prochains éclaircissements de ce côté.

Quoi qu'il en soit, la nature siliceuse des loges, leur morphologie générale et leur ornementation ne laissant aucun doute sur leur parenté avec les Chrysomonadines d'eau douce actuelles ou fossiles, la famille des *Archæomonadaceæ* peut prendre place dans la classe des *Chrysomonadineæ*, sous-classe des *Chrysomonadeæ*. Jusqu'à plus ample informé, elle devra rester en dehors des trois ordres (*Chromulinales*, *Isochrysidales*, *Ochromonadales*) que comprend cette sous-classe.

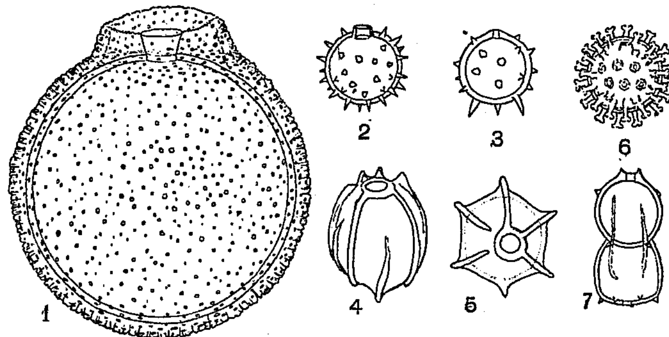
Les diverses espèces que j'ai rencontrées jusqu'ici peuvent, pour un classement d'attente, se répartir dans quatre genres nouveaux, auxquels s'adjoint le genre *Litharchæocystis* que j'ai décrit ici récemment (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1273) et qui trouve là une place naturelle.

Ces quatre genres sont :

1° *Archæomonas* nov. gen. — Les loges sont petites (une dizaine de μ), sphériques, ellipsoïdales ou ovoïdes, percées d'un pore. La paroi siliceuse est lisse ou diversement ornée d'épines, boutons, côtes, etc. Espèce type : *Archæomonas Mangini* nov. spec. (dépôt de Maryland, U. S. A.) (*fig.* 2). Autres espèces : *Archæomonas heteroptera* nov. spec. (dépôt de l'Ile de

Fuur, Jutland) (*fig.* 4, et 5); *Archæomonas postarmata* nov. spec. (même dépôt) (*fig.* 3).

2° *Archæosphæridium* nov. gen. — La coque siliceuse sphérique, notablement plus grande que dans le genre précédent, est lisse ou peut être recouverte d'une couche secondaire ornementée. Le pore subconique s'ouvre en un large entonnoir et est pourvu d'un col très fortement épaissi. Espèce type : *Archæosphæridium Dangeardianum* nov. spec. (dépôt de Poplein, U. S. A.) (*fig.* 1).



1, *Archæosphæridium Dangeardianum*; 2, *Archæomonas Mangini*; 3, *Archæomonas postarmata*; 4, 5, *Archæomonas heteroptera*; 6, *Lithæsphærella spectabilis*; 7, *Amphilithopyxis ænigmatica*. Grossissement : 1550.

3° *Litheusphærella* nov. gen. — Sphérique et du même ordre de grandeur que les *Archæomonas*, la loge est hérissée de bâtonnets rayonnants, également siliceux, évasés à leur extrémité libre et rappelant, en plus petit, les rhabdolithes (calcaires) de *Discosphæra* (*Coccolithaceæ*). Espèce type : *Litheusphærella spectabilis* nov. spec. (dépôt de l'Ile de Fuur) (*fig.* 6).

4° *Amphilithopyxis* nov. gen. — Dans ce dernier genre, la loge sphérique, régulière, est comme posée sur un tronc de cône creux, à flancs arrondis, qui paraît percé d'un pore antapical et auquel elle est unie par des sortes d'ailerons irréguliers. Espèce type : *Amphilithopyxis ænigmatica* nov. spec. (Dépôt de l'Ile de Fuur) (*fig.* 7).

BACTÉRIOLOGIE. — *Spirochètes et corps annulaires intraleucocytaires.* Note de MM. **G. Delamare** et **C. Gatti**, présentée par M. H. Vincent.

Nous avons décelé, dans les leucocytes du séro-pus d'un ulcère leishmanique surinfecté par la symbiose de Vincent, des spirochètes et des corps annulaires très spéciaux.

Les spirochètes intraleucocytaires conservent les caractères fondamentaux des spirochètes libres; ils sont généralement plus grêles et, très souvent, enroulés ou pelotonnés.

Les corps annulaires, généralement solitaires, sont parfois groupés par deux; ils mesurent de 2 à 5^{μ}. Les plus petits sont arrondis, les plus grands ovoïdes. Leur contour est formé par un fin filament dépourvu de double contour et coloré comme les spirochètes. Leur centre, toujours achromatique, est assez souvent traversé par un filament équatorial ou juxta-équatorial, d'épaisseur et de colorabilité identiques à celles du filament marginal. Quelques-uns d'entre eux sont, en outre, pourvus d'un appendice filiforme, polaire ou juxtapolaire.

Il y a là bien évidemment les éléments d'une série dont les termes extrêmes, le plus complexe et le plus simple, sont respectivement constitués, d'une part, par les grands anneaux pourvus d'un filament équatorial et d'un appendice polaire, d'autre part, par les petits anneaux réduits à un cercle chromatique. On s'aperçoit sans effort que les grands anneaux proviennent presque tous de l'enroulement en crosse de spirochètes courts. L'extrémité sur laquelle s'effectue le mouvement constitue, en arrivant au contact du segment opposé, le filament équatorial; le corps du spirochète dessine le contour de l'anneau; son extrémité libre forme l'appendice. Le passage de cette forme complexe à la forme simple, micro-annulaire, résulte : *a*, de la soudure des parties en contact; *b*, de la disparition du filament équatorial et de l'appendice; *c*, de la rétraction de l'ensemble de la formation. Les micro-anneaux qui constituent le terme ultime de ce processus, voire de ce cycle, ne diffèrent, en somme, des kystes typiques que par l'absence d'un double contour. Leur extrême rareté à l'état libre laisse supposer qu'ils ne survivent pas, tout au moins sous la même forme, à la destruction des leucocytes dans lesquels ils sont inclus. L'enroulement en 8 des spirochètes longs conduit aux mêmes résultats par des voies plus compliquées; il rend compte notamment de la formation des anneaux couplés. Les formes de transition éventuelles entre les pelotonnements serrés et les anneaux nous ont, par contre, jusqu'à présent échappé.

La transformation annulaire, qu'elle constitue ou non un enkystement au sens strict du mot, est digne de remarque en ce qu'elle donne la clef d'aspects de prime abord énigmatiques et permet de comprendre comment certains spirochètes parviennent à résister à l'action lytique des cellules blanches.

IMMUNOLOGIE. — *Sur la variabilité de la qualité pathogène et immunisante du virus aphteux* (¹). Note de M. **J. Lignières**, présentée par M. E. Leclainche.

Au point de vue de la recherche d'une vaccination active, la question de la variabilité du virus est d'une grande importance, aussi ai-je cherché à la résoudre en employant deux procédés que je vais étudier successivement :

1° *Recherche des propriétés pathogènes et immunisantes de deux virus n° 1 et n° 2, parfaitement différents au moment de leur isolement et après que ces virus sont passés pendant plus de deux ans par l'organisme du cobaye.*

Le virus n° 1 a été isolé le 17 juin 1929 d'un cas de fièvre aphteuse bovine; il appartient au type A.

Le virus n° 2 est du type O; il provient de lésions buccales d'un bovidé recueillies le 28 novembre 1929.

Ces deux types, très virulents pour les bovidés, les moutons, les porcs et les cobayes, laissent, après une première infection, une très forte immunité contre le même type de virus inoculé; mais ils ne se vaccinent pas mutuellement. C'est ainsi qu'après être guéris des lésions aphteuses déterminées par le virus n° 1, les animaux contractent de nouveau la fièvre aphteuse si on leur inocule le type n° 2 et vice versa.

Jusqu'en décembre 1930, les deux types n°s 1 et 2 sont restés fixes; à cette époque le virus n° 1 avait passé successivement par 21 cobayes, 2 bovidés, 281 cobayes et le virus n° 2 par 75 cobayes, 1 porcelet, 99 cobayes, 1 porcelet et 8 cobayes.

Le 24 décembre 1930, je constate la première défaillance des caractères différentiels des deux types de virus. Les cobayes n°s 1386, 1387, 1388, guéris d'une généralisation causée par le virus n° 2, ne présentent rien après une inoculation avec le virus n° 1.

Le 10 mars 1931, même constatation : les cobayes n°s 1485, 1486, 1491, 1488, 1493, 1495, guéris d'une généralisation à virus n° 1, prennent tous la fièvre aphteuse grave avec le virus n° 2 ce qui est normal; mais les cobayes n°s 1368, 1604, 1605, 1357, 1608, guéris d'une infection à virus n° 2, n'ont rien quand on leur inocule le virus n° 1.

Le 9 septembre 1931, les cobayes n°s 1562 et 1563, guéris du virus n° 1, n'ont rien quand on leur inocule le virus n° 2.

Par la suite des défaillances, témoignage de mutations, se renouvellent et deviennent de plus en plus fréquentes.

(¹) J. Lignières, *La détermination des types de virus aphteux* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1691).

En décembre 1931, le virus n° 1 a passé successivement par 21 cobayes, 2 bovidés et 362 cobayes; le virus n° 2 par 75 cobayes, 1 porcelet, 99 cobayes, 1 porcelet, 84 cobayes; à cette époque, les deux virus se sont complètement rapprochés l'un de l'autre.

En février 1932, on ne peut plus les différencier par leur qualité immunisante : *ils se vaccinent mutuellement.*

C'est la preuve d'une mutation lente, mais parfaite, des deux virus n° 1 et n° 2, antérieurement si différents et aujourd'hui complètement confondus.

En même temps, j'ai constaté que la virulence actuelle des virus n° 1 et n° 2, qui au début était très forte pour les bovidés, est devenue presque nulle pour ces animaux, bien qu'ils leur confèrent une certaine résistance réciproque susceptible d'être employée pour vacciner.

Par contre, la virulence pour le cobaye s'est énormément accrue.

2° *Recherche des qualités immunisantes des virus aphteux au moment où on les retire des lésions naturelles et après plusieurs mois d'inoculations ininterrompues par le cobaye.*

Les expériences ne réussissent pas toujours; mais il suffit qu'elles soient parfois positives pour être valables; en voici quelques-unes :

Pour la bonne compréhension des faits, je dois rappeler qu'un virus qui a provoqué des lésions aphteuses généralisées immunise parfaitement contre ce même virus. Si nous enregistrons des résultats contraires c'est que nous avons employé le même virus, mais d'un âge différent pour montrer justement les mutations possibles.

Virus Luna du type O. — Le 9 septembre 1931, avec ce *virus Luna* provenant du 55e passage par cobaye, j'inocule à la face plantaire un cobaye qui a subi le 5e passage du même virus et le cobaye qui a subi le 8e.

Ces deux sujets font des lésions de fièvre aphteuse, fortement généralisées sur l'un d'eux.

Virus Florida type A. — Les cobayes nos 2605 et 2609 sont les 52e et 56e passages Florida généralisés. Le 12 septembre 1931, ils sont inoculés à une patte avec le virus Florida du 6e passage, conservé à — 10° sans être ravivé.

Le cobaye n° 2605 commence, dix jours après seulement, une généralisation discrète, tandis que le n° 2609 fait une forte généralisation dès le troisième jour.

L'expérience est renouvelée sur deux autres cobayes.

Le cobaye n° 2608 (55e passage) : éruption généralisée.

Le cobaye n° 2610 (57e passage) : avec la même généralisation des lésions aphteuses.

Sept semaines après, ces deux sujets sont inoculés à la face plantaire avec le virus Florida (79e passage). Le résultat de cette deuxième inoculation est complètement négatif.

Le 14 septembre 1931, j'ai ravivé le virus Florida (6e passage) en l'inoculant au cobaye n° 2636 qui fait des lésions généralisées.

Le 24 septembre 1931, avec ce même virus 6e passage ravivé, j'inocule à la face plantaire d'une patte les deux cobayes nos 2608 et 2610. Le premier ne montre aucune lésion, tandis que le cobaye no 2610 a fait, dès le quatrième jour, une généralisation aux quatre pattes et à la langue.

Les mutations subies par ces virus, de provenances et de types différents, sont telles qu'elles ont complètement changé leurs qualités immunisantes, et cela assez rapidement.

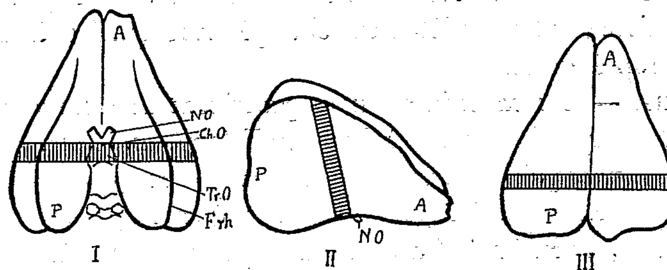
Conclusions. — *Ces expériences nous paraissent démontrer que les virus aphteux sont susceptibles, quant à leur qualité immunisante, de mutations parfois si profondes qu'ils peuvent se transformer d'un type dans un autre ou perdre leurs caractères distinctifs pour arriver à se confondre. Il n'est plus possible, dès lors, de croire à l'existence de types de virus fixes, mais bien à des variétés d'un même virus aphteux.*

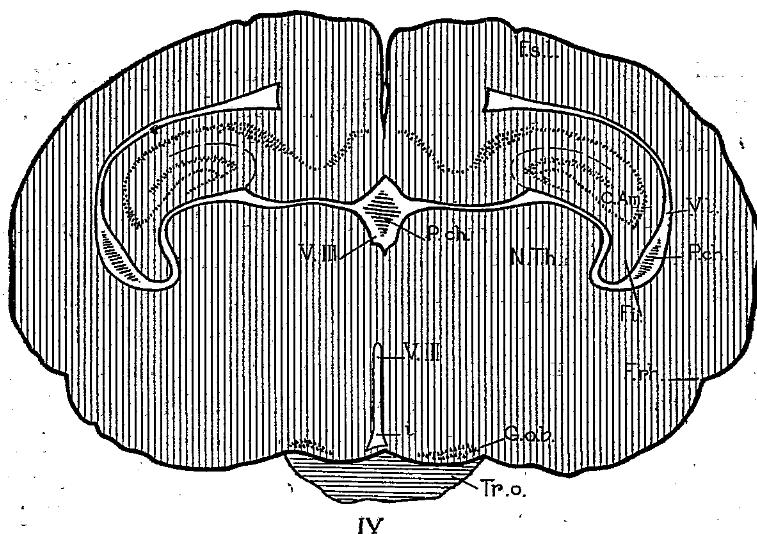
MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Zone élective pour les corps de Negri chez les lapins morts de rage expérimentale à virus fixe.* Note de M. **S. Nicolau** et Mme **L. Kopciowska**, présentée par M. Roux.

Les corps de Negri sont pratiquement absents dans la rage du lapin à virus fixe; c'est l'opinion actuelle. Cela paraît vrai si l'on cherche ces inclusions dans la corne d'Ammon et dans l'écorce, en utilisant seulement la méthode de coloration courante pour ce genre d'investigations, celle de Mann. La coloration au Giemsa lent donne des résultats différents (1); elle nous a permis constamment de mettre en évidence au niveau de la corne d'Ammon des inclusions cytoplasmiques atteignant parfois la dimension de 4 à 6 et même 7$^{\mu}$; ce sont des corps de Negri à structure interne complexe; nous les avons observés dans la rage du lapin conférée à l'aide du virus fixe utilisé à l'Institut Pasteur dans le traitement pastorien, ou à l'aide de deux autres souches de virus fixe en notre possession. Cependant, il faut le dire, même avec la coloration par la méthode de Giemsa lent, les corps de Negri sont en général rares à ces endroits (corne d'Ammon et écorce) où l'on a l'habitude de les chercher. Par contre, nous avons constaté qu'une autre région de l'encéphale est beaucoup plus riche en corps de

(1) Levaditi, Nicolau et Schoen ont préféré cette coloration pour la recherche des corps de Negri dans les cas de rage du lapin produite par des souches de virus des rues en cours de fixation (*Ann. de l'Inst. Pasteur*, 40, 1926, p. 973).

Negri chez le lapin mort de rage à virus fixe : c'est le noyau optique basal. Cette formation, facile à repérer sur des coupes transversales du cerveau empiétant sur le chiasma optique ou sur le tractus optique (*fig.* 1), est constitué par un grand nombre de cellules ganglionnaires. Ces cellules





Cerveau de lapin. — Les trois premiers schémas représentent la manière de faire les sections (zone hachurée) pour avoir sur la même coupe et la corne d'Ammon et le noyau optique basal. I, II et III : A, partie antérieure du cerveau : P, partie postérieure ; N. O., nerf optique ; Ch. O., chiasma optique ; Tr. O., tractus optique : F. rh., fissure rhinale. IV : coupe du cerveau au niveau de la zone hachurée dans les trois premiers schémas : F. sl., fissure saggitale latérale ; C. Am., corne d'Ammon ; V. l., ventricule latéral ; P. ch., plexus choroïde ; V. III, troisième ventricule ; N. Th., noyaux thalamiques ; *i*, infundibulum ; Tr. o., tractus optique ; G. o. b., noyau optique basal.

apparaissent beaucoup plus aptes à réagir, au cours de la rage à virus fixe, par la formation de corps de Negri, que les autres cellules nerveuses de l'encéphale.

Ayant dénombré les corps de Negri dans 100 neurones au niveau des

cornes d'Ammon et aussi dans 100 neurones des noyaux optiques basaux, nous avons constaté à ce dernier niveau un nombre beaucoup plus grand d'inclusions. Des coupes de cerveau colorées au Giemsa et provenant d'environ 60 lapins morts de rage à virus fixe [souche Pasteur, souche DK (1) et souche Mathis (2)] ont toutes montré la même chose : corps de Negri nombreux au niveau du noyau optique basal, rares par ailleurs. Comparons le nombre de corps de Negri trouvés dans 100 neurones du noyau optique basal (3) avec celui compté dans 100 neurones de la corne d'Ammon. Nous avons les chiffres suivants : 36-1, 58-3, 23-0,5 (1 corps de Negri pour 200 neurones de la corne d'Ammon), 27-2, etc. chez les animaux inoculés avec la souche Pasteur; 23-5, 57-4, 63-2, etc. chez les lapins inoculée avec la souche DK; 122-3, 87-6, 172-9, 69-5, etc. chez les animaux inoculés avec la souche Mathis. Il en résulte que le noyau optique basal constitue une vraie zone élective pour la recherche des corps de Negri dans la rage à virus fixe, chez le lapin. Ajoutons qu'à ce même niveau, le virus rabiqne des rues provoque également la formation de beaux corps de Negri.

Conclusion. — Les corps de Negri existent d'une manière constante dans l'encéphale des lapins morts de rage expérimentale à virus fixe. La zone élective pour leur recherche est le noyau optique basal.

A $15^h 55^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 5^m$.

A. Lx.

---

(1) Souche à incubation très courte : introduite dans le cerveau des lapins, elle amène les premiers symptômes de rage au bout de 3 à 5 jours ; voir Nicolau et Kopciowska, *C. R. Soc. Biol.*, 101, 1929, p. 655.

(2) Nicolau, Mathis et Constantinesco, *Bull. de la Soc. de Path. Exot.*, 24, 1931, p. 931.

(3) A ce niveau on peut trouver 2-3-4 et même 5 corps de Negri dans la même cellule nerveuse.

ERRATA.

(Séance du 2 mai 1932.)

Note de M. *G. Valiron*, Sur les directions de Borel de certaines fonctions entières d'ordre infini :

Page 1554, ligne 11, *au lieu de* $\overline{\lim}$, *lire* $\underline{\lim}$.

(Séance du 9 mai 1932.)

Note de MM. *Jean Thibaud* et *F. Dupré la Tour*, Sur le pouvoir de pénétration du rayonnement (neutrons) excité dans le glucinium par les rayons α :

Page 1647, ligne 18, *après* le rayonnement (neutrons) de glucinium nous apparaît beaucoup plus pénétrant qu'il n'a été signalé jusqu'ici, *ajouter* le renvoi (3) de la note suivante :

(3) Dans une Note récente (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1231), Mme Irène Curie et M. F. Joliot indiquent que 1^{cm} de plomb absorberait 6 pour 100 du rayonnement, ce qui correspond à une pénétration considérable.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 MAI 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Roland Thaxter**, Correspondant pour la Section de Botanique, survenu le 22 avril 1932, et celui de M. **Albert Durand de Grossouvre**, Correspondant pour la Section de Minéralogie.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **M. Gignoux**, Correspondant pour la Section de Minéralogie, qui assiste à la séance.

GÉOGRAPHIE. — *Sur quelques découvertes géographiques récemment faites dans la région de l'Antarctique*. Note de M. **Ch. Lallemand**.

J'ai l'honneur de signaler à l'Académie les très intéressants résultats d'explorations exécutées, de 1927 à 1931, autour du continent antarctique, par des expéditions organisées aux frais de M. Lars Christensen, un des principaux armateurs norvégiens pour la chasse à la baleine. Ces résultats ont permis de dresser, pour la première fois, une carte représentant les contours généraux du continent antarctique du 20° de long. Ouest au 74° de long. Est, c'est-à-dire au sud de l'Afrique et de la péninsule indienne. Ils constituent l'addition la plus importante qui ait été apportée depuis dix ans à la cartographie du globe.

Quatre ans de suite, M. Lars Christensen a envoyé, pendant chaque

été austral, un de ses navires, le *Norvegia*, avec le personnel et l'outillage nécessaires, explorer, au point de vue scientifique comme à celui de la distribution géographique des grands Cétacés, les secteurs antarctiques situés, au sud de l'Amérique, à l'est et à l'ouest du groupe d'îles qui forment aujourd'hui le centre le plus productif de l'industrie baleinière.

Pendant leur première campagne (1927-1928), par suite d'un accident de navigation, les Norvégiens durent limiter leur activité à l'île Bouvet, mais en revanche, durant la seconde (1928-1929), ils étendirent leurs recherches dans le Pacifique austral jusqu'au 140° Ouest, dressant la carte de la petite île Pierre Ier, restée jusque-là vierge de pas humains et atteignirent, par 110°40′ Ouest, le 71°11′ Sud, la plus haute latitude à laquelle on soit parvenu dans ce secteur.

Durant les deux étés suivants (1929-1930 et 1930-1931), le *Norvegia* a exploré la partie de l'Antarctique située au sud de l'Afrique et demeurée presque totalement inconnue derrière d'épaisses banquises. Il avait, dans ce but, embarqué deux aéroplanes et la direction du voyage avait été confiée au commandant Riiser-Larsen, de l'aviation maritime norvégienne, assisté de son camarade, le commandant Lützow-Holm. Le 22 décembre 1929, le *Norvegia* ayant été arrêté par des glaces au large de la terre Enderby, un des deux seuls lambeaux de côtes connus dans ce quadrant, les aviateurs survolèrent la banquise et vinrent atterrir sur la terre Enderby. Au cours de reconnaissances aériennes ultérieures, ils découvrirent, plus à l'Ouest, un second segment du continent antarctique (terre de la Reine Maud), puis un troisième, entre le 9° Ouest et le 16° Ouest (terre de la Princesse Martha), qui vient se relier aux côtes déjà connues de la rive Est de la mer de Weddell.

Pendant l'été 1930-1931, également en avion, le commandant Riiser-Larsen a déterminé les contours d'une quatrième ligne de côtes, entre le 24° Est et le 39° Est (terre de la Princesse Ragnild).

Avant cette dernière exploration, le *Norvegia*, sous la direction du major Gunnar Isachsen, avait accompli la circumnavigation du continent antarctique en suivant une route voisine du 60° de latitude Sud.

Pendant ce même été, l'état des glaces ayant été exceptionnellement favorable dans l'Atlantique Sud et dans l'océan Indien austral, des baleiniers norvégiens ont pu faire d'intéressantes constatations géographiques; du 19 au 25 janvier 1931, ils découvrirent ainsi, à l'est du 67° Est, un nouveau fragment du continent antarctique, auquel ils donnèrent le nom de Lars Christensen.

D'autre part, en 1929-1930 et 1930-1931, l'explorateur britannique sir Douglas Mawson a relevé, à l'est de la terre Enderby, deux côtes inconnues : l'une, s'étendant jusqu'au 67° Est, à laquelle il a donné le nom de Robeson, celui du mécène de son exploration ; l'autre, plus à l'Est, entre le 74° Est et le 80° Est (terre de la Princesse Élisabeth).

Tout cet immense secteur du continent antarctique reconnu par les Norvégiens est entièrement recouvert par un *inlandsis* accidenté de hauts reliefs sur les terres Reine Maud, Enderby et Lars Christensen. L'un d'eux, par 66°20′ Sud et 58°34′ Est, atteint l'altitude de 3300^{m}.

Par 74° Est enfin, l'on a observé deux volcans en activité.

Au cours de leurs navigations dans l'Atlantique Sud et le Pacifique austral, les expéditions norvégiennes ont constaté, une fois de plus, l'inexistence des îles Thompson, Lindsay, Nimrod, Dougherty, ainsi que des rochers des Chimneys et du Pagoda. D'après le major F. Isachsen, on avait pris, pour des terres, quelques icebergs « de glace bleue », renversés, qui, par temps couvert, revêtent une trompeuse coloration noirâtre.

Pendant toutes les croisières du *Norvegia*, l'on a effectué de nombreuses stations océanographiques qui apporteront une lumière nouvelle sur la bathymétrie comme sur la circulation océanique dans la zone polaire australe.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur des individus intersexués obtenus en masse chez les Ancolies.* Note de M. **L. Blaringhem.**

En juin 1930, j'ai montré [1] la rapidité avec laquelle certaines irrégularités sexuelles de l'Ancolie vulgaire (*Aquilegia vulgaris* L.) peuvent se transmettre à la descendance ; il s'agit évidemment de mutations qui, nous allons le prouver, se compliquent lorsqu'on réalise des hybridations entre espèces.

La mutation initiale, constatée en 1923 dans une population homogène d'Ancolies sauvages à Ussat (Ariège), portait sur deux individus strictement femelles, à petites fleurs, parmi 218 individus hermaphrodites à grandes fleurs et à pollen parfait ; ces deux individus femelles transplantés à Bellevue (S.-et-O.), puis fécondés par des *Aquilegia vulgaris* (Ussat) hermaphrodites et par diverses variétés horticoles à fleurs bleues, blanches ou roses d'*Aqui-*

---

(1) *Sur l'hérédité du sexe chez l'Ancolie* (Aquilegia vulgaris *L.*) (*Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1255).

legia vulgaris L., d'*A. sibirica* Lam., d'*A. chrysantha* Asa Gray ont donné naissance à de nombreuses lignées dont l'une, en 1930, ne renfermait que des individus femelles; je possède, en 1932, cinq lignées d'origines différentes à fleurs strictement femelles et une dizaine d'autres où le pourcentage des hermaphrodites, des femelles et des intermédiaires varie en toutes proportions. Dans cette Note, j'étudierai spécialement les individus intermédiaires qui sont en réalité des intersexués.

Le type le plus intéressant d'intersexué est fourni par les descendants immédiats des individus *Aquilegia vulgaris* (Ussat) hermaphrodites et femelles transplantés à Bellevue. A Ussat, malgré un examen minutieux je n'en ai trouvé aucun exemplaire; un croisement réalisé à Bellevue en 1930 entre : *Aquilegia vulgaris* (Ussat) ♀ × *A. vulgaris* (Ussat) ⚥ donna 52 plantes ⚥, 7 plantes ♀ et 4 intersexuées ⚥-♀. Les fleurs de ces derniers sont intermédiaires par les dimensions, avec légère diminution pour les intersexués du nombre des étamines et des staminodes :

Fleur.	Longueur totale. mm	Largeur maxima. mm
Pétales à éperon ⚥	33	14
» ♀	17	8
» ⚥-♀	25	10
Pétales lancéolés ⚥	35	13
» ♀	18	7
» ⚥-♀	22	9

Les fleurs hermaphrodites présentent de 10 à 13 verticilles de 5 étamines, à anthères jaune franc, larges de $2^{mm},5$, longues de 4^{mm}, livrant leur pollen successivement à partir du verticille interne et durant trois jours par un temps ensoleillé de mai; le pollen abondant est de bonne qualité, avec moins de 5 grains pour 100 avortés, même dans les premiers et derniers verticilles.

Dans tous les cas, pour les intersexués dérivés d'*Aquilegia vulgaris* (Ussat), la position des étamines fertiles par rapport aux staminodes est bien définie, car elles appartiennent toutes aux étages moyens. Le nombre des verticilles staminaux est d'ailleurs moindre, de 8 à 10, et chez les quatre individus cités ci-dessus, je trouve pour les 5 premières fleurs, les verticilles étant numérotés par étages dans l'ordre d'ouverture des anthères :

Étage du verticille	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Staminodes	20	20	17	3	0	2	2	15	17	20

suite qui montre le changement brusque dans la constitution des anthères des étages moyens 4 à 7. Celles-ci sont plus étroites 2^{mm}, surtout moins longues et au plus de $2^{mm},5$, que celles des fleurs hermaphrodites; elles donnent un pollen peu abondant, adhérant en partie aux sacs polliniques desséchés, mais les grains libres ne montrent que 10 à 20 pour 100 de grains avortés, les autres étant actifs et susceptibles de donner de bonnes graines après dépôt sur des fleurs hermaphrodites castrées ou sur des fleurs femelles isolées.

On peut constater l'état intersexué des fleurs avant l'anthèse, alors que les pétales n'ont atteint que la moitié de leur taille; les anthères stériles prennent une teinte crème nacrée et cessent de croître tandis que les sacs polliniques, esquissés, se résorbent; les anthères fertiles augmentent de volume et prennent une teinte jaune vif; leur contenu moins abondant que celui des anthères hermaphrodites évolue plus lentement et, en définitive, une fleur intersexuée produit moins du douzième, parfois le vingtième seulement, du pollen d'une fleur hermaphrodite. L'isolement des fleurs intersexuées pour assurer l'autofécondation entraîne la stérilité. Il ne semble pas que la fertilité des ovules soit altérée.

Les croisements entre espèces donnent un plus grand nombre de plantes femelles et aussi de plantes intersexuées que les croisements entre variétés d'*A. vulgaris*.

La lignée femelle décrite en 1930, trois nouvelles lignées femelles obtenues en 1932 dérivent de croisements *Aquilegia vulgaris* (Ussat) ♀ × *A. sibirica* à fleurs bleues et roses, offrant une tendance à la duplicature. Les intersexués sont nombreux dans les autres lignées, portent des fleurs petites mais de formes et de tailles différentes selon les individus. Les staminodes diffèrent aussi entre eux dans la même fleur et entre fleurs du même pied; ils sont tantôt effilés en aiguilles, ou terminés par des masses spatulées mais dépourvues de sacs polliniques; les altérations staminales des divers individus sont dans l'ensemble caractéristiques de chacun d'eux; on trouve, exceptionnellement il est vrai, des plantes portant des fleurs femelles et des fleurs intermédiaires. La taille des fleurs varie souvent dans le sens observé dans les lignées d'*A. vulgaris*; mais il arrive aussi de trouver de très petites fleurs avec des étamines fertiles peu nombreuses et réciproquement de grandes fleurs à staminodes. Celles-ci offrent un certain intérêt pour les améliorations horticoles. Enfin, et exceptionnellement les étamines fertiles des intersexués ne sont pas toutes groupées dans les verticilles des étages

moyens et même la fertilité réapparaît en certaines zones axiales, trahissant une structure florale en mosaïque. J'attribue la diversité de ces combinaisons à un état hétérozygote initial des formes horticoles d'*A. sibirica* et cette hypothèse est renforcée par l'examen des pollens des intersexués renfermant de 20 à 60 pour 100 de grains avortés; et aussi par l'apparition de trois individus femelles à fleurs blanches dans les croisements entre plantes à fleurs toutes colorées. Je dois ajouter qu'il m'a été impossible jusqu'ici, et bien que mes efforts y tendent depuis 1924, d'obtenir une lignée femelle à fleurs blanches, ni même un intersexué à fleurs blanches.

La lignée *Aquilegia chrysantha* utilisée en 1925, et suivie depuis, est par contre très stable, du type à fleurs longues, pétales jaunes mordorés à éperons roses, pétales lancéolés jaune feu; les étamines saillantes et serrées dépassent les stigmates. Deux croisements *Aquilegia vulgaris* ♀ × *A. chrysantha* ⚥ réalisés en 1930 m'ont donné des lignées composées uniquement d'individus femelles, à fleurs de taille intermédiaire ou petite, toutes d'un bleu pourpre donnant l'éclat du velours; cinq autres croisements réalisés antérieurement et la même année donnent des plantes hermaphrodites, femelles et intermédiaires. Toujours le pollen de ces hermaphrodites est médiocre avec 5 à 20 pour 100 de grains avortés; les étamines fertiles des intersexués sont ici groupées presque constamment dans les verticilles internes. Dans la descendance (F_2) des lignées à individus hermaphrodites de 1926 et 1927, je n'ai obtenu que des intermédiaires sans retour à l'un ou l'autre parent initial; dans une descendance où toutes les plantes sont du bleu velouté de (F_1), sur 18 plantes, 2 présentent une collerette formée par l'ouverture des éperons de teinte blanc mat lavé de bleu. Dans les combinaisons *A. vulgaris* et *chrysantha* aussi apparaissent des individus femelles et intermédiaires des (F_1) avec des fleurs de taille diverses et les intersexués dominent, trahissant ainsi les profondes divergences spécifiques de ces deux espèces.

En résumé, il est possible d'obtenir des individus intersexués dans la descendance de l'espèce sauvage *Aquilegia vulgaris* L.; ils sont plus rares que les individus femelles et leur morphologie florale est intermédiaire, régulière, avec avortements des anthères localisés sur les verticilles internes et externes. Les intersexués beaucoup plus fréquents obtenus dans les croisements d'espèces d'*Aquilegia* telles que *A. vulgaris*, *A. sibirica*, *A. chrysantha* offrent une grande diversité et divers traits qui montrent la superposition, dans les descendances, de la tendance à la séparation des sexes et de la stérilité partielle propre aux hybrides entre espèces.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur un parasite du Mildiou de la vigne.* Note de MM. **P. Viala** et **P. Marsais.**

Nous avons observé, au moment des grandes invasions du Mildiou sur les vignes, en 1915, 1928 et 1930, des inflorescences, naturellement blanches et brillantes, du *Plasmopara viticola*, qui étaient colorées en rose brique par le développement d'un autre Champignon, lequel s'insinuait entre ses conidiophores et fructifiait rapidement en produisant des quantités considérables de spores.

Ce phénomène des taches rosées avait été noté par l'un de nous, en 1887, aux États-Unis d'Amérique (New-Jersey); mais jusqu'aux observations faites en 1930, nous avions simplement retenu le fait sans en tirer de déductions. La répétition, pendant trois années en France, de ces observations, nous incita à examiner de plus près la nature de ces taches colorées.

Le Champignon qui les produit fut isolé et cultivé, et rapporté au genre *Trichothecium*, sous le nom de *Trichothecium plasmoparæ*. Les conidiophores du *Plasmoparæ viticola* sont enveloppés par le fin mycélium du *Trichothecium* qui s'applique intimement contre leurs hampes et contre les conidies, absorbant leur contenu cellulaire et ridant rapidement les conidies.

Ce mycélium ne pénètre jamais les membranes des conidiophores du Mildiou; la rapidité de son développement provoque l'affaissement des taches envahies et rosées, pendant que les influorescences blanches normales du Mildiou restent brillantes et turgescentes pendant un plus long temps. Il n'est pas douteux, d'après la simple observation, que le *Trichothecium plasmoparæ* est nettement parasite du *Plasmopara viticola* et qu'il anéantit ses fructifications. Ce *Trichothecium* appartient à un genre qui comprend deux autres espèces parasites d'autres Champignons; il diffère du *Cephalothecium roseum*.

L'isolement, la purification et la culture du parasite du Mildiou nous ont permis, pendant ces trois dernières années, d'en suivre l'évolution et de déterminer les milieux les plus favorables pour sa multiplication. Nous n'avons pu obtenir, en culture pure, que la forme conidienne et une forme à sclérotes et non les formes parfaites de reproduction, bien que ce parasite semble appartenir au groupe des *Ascomycètes*.

Le mycélium qui emprisonne les hampes conidifères du Mildiou et ses conidies a une végétation et une frondaison très rapides, surtout pendant les temps chauds et humides. Il se colle intimement jusqu'à la base des

tiges conidifères en les enserrant; il ne pénètre cependant pas dans la feuille et n'atteint pas le mycélium du Mildiou interne aux tissus de la feuille de vigne attaquée.

Le *Trichothecium*, ainsi que nous l'ont montré nos diverses cultures, est surtout un parasite aérobie. Son mycélium, cloisonné, droit, rigide et incolore, a un très faible diamètre (2 à 3^{μ}). Les conidiophores poussent à côté des cloisons du filament principal et sont formés individuellement par une hampe isolée, très mince (1 à $1^{\mu},5$ de diamètre), d'une longueur de 60 à 120^{μ}, jamais ramifiée. Ils produisent à leur sommet, le plus souvent, une seule spore, et dans quelques cas, deux conidies qui grossissent rapidement sur leur grêle support, et sont presque toujours insérées à angle droit avec lui.

Ces conidies sont volumineuses, relativement au conidiophore. Elles mesurent, en effet, de 3 à 7^{μ} de diamètre sur 15 à 21^{μ} de longueur. Elles ont une cloison au centre; elles sont arrondies au sommet opposé à leur insertion, qui est amincie, avec une zone de rétrécissement au niveau de la cloison médiane. Le protoplasme, très finement granuleux, est sans vacuole.

Vues à l'état isolé, les conidies paraissent incolores; très nombreuses et en masse, elles ont la teinte brique caractéristique, teinte qui peut varier, suivant les milieux nutritifs de culture, depuis le blanc nacré, en passant par le jaune jusqu'au rouge brique plus ou moins intense. Les conidies ne sont pas mouillables par l'eau.

Le mécanisme de leur germination est assez particulier; elle se produit facilement dans un milieu nutritif, et non dans l'eau pure, à une température favorable de 18° à 25° C. D'abord le protoplasme intérieur devient plus grumeleux; la cloison centrale disparaît progressivement et, lorsque la conidie est devenue monocellulaire, un tube germinatif part du point où elle était insérée sur le conidiophore; le mycélium germinatif se cloisonne bientôt et fructifie rapidement.

Nous avons constaté dans certaines cultures, où le mycélium était immergé et fructifiait mal, des formes scléroïdes qui, ensemencées sur milieu favorable, donnaient mycélium et spores normaux. Nous n'avons pu trouver, jusqu'à ce jour, ni pycnides ni périthèces. D'autre formes anormales, dues au milieu de culture, ont été aussi notées dans des cas exceptionnels.

L'influence des milieux de culture nutritifs est beaucoup plus marquée que celle des milieux physiques. La lumière n'influence en rien le *Tricho-*

thecium, même pour la couleur de ses spores. Des températures de 18 à 25° lui sont le plus favorables, et dans l'espace de 15 jours à 3 semaines il forme de superbes gazons fructifères, soit sur milieux liquides, soit sur milieux gélosés, dans des vases de culture de 1 à 3 litres.

Cette espèce a été soumise à des températures de — 7 à — 10° C. comme minima et de + 37 à 39° C. comme maxima. La poussée mycélienne s'arrête à + 37° et à + 10°; mais aux température de — 10° et de + 39°, le Champignon n'est pas tué; il reprend sa végétation à partir de + 14°. La seule condition indispensable au point de vue des milieux physiques est que le Champignon soit en présence de l'air. La faculté germinative des conidies s'est maintenue, à ce jour, pendant deux ans.

Le fait le plus remarquable que nous ayons toujours constaté dans la culture du *Trichothecium plasmoparæ* est relatif à l'influence de l'acidité organique ou minérale. Il redoute cette acidité au plus haut point et nous n'avons jamais pu obtenir le développement immédiat sur moût de raisin, moût d'orange, de citron, sur pommes, etc. Ainsi, il prend un superbe développement sur milieu de Raulin neutre et ne pousse pas sur le même milieu acide. Dans des essais extrêmement variés de milieux de culture, les plus belles végétations ont toujours été obtenues sur milieux neutres ou même légèrement alcalins.

Nous avons dit que le *Trichothecium plasmoparæ* était un parasite réel du Champignon du Mildiou de la vigne. Peut-on fonder un espoir sur la culture artificielle de ce parasite comme moyen direct ou indirect de lutte contre le Mildiou? Cette espérance est permise; l'expérience seule, dans le vignoble, en cours d'ailleurs, pourra le préciser et nous fixer.

En tout cas, ce serait au plus un moyen de lutte préventive ajouté à l'action des bouillies cupriques, dont l'emploi ne serait aucunement supprimé.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Influence du chauffage du sérum sur la floculation provoquée par sa dilution dans l'eau distillée.* Note (1) de MM. **Charles Achard, Augustin Boutaric** et **Maurice Doladilhe.**

1. Dans une Note antérieure (2), deux d'entre nous ont indiqué le principe d'une méthode permettant de suivre les transformations qui se pro-

(1) Séance du 23 mai 1932.

(2) A. Boutaric, M. Doladilhe, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1387.

duisent dans un sérum sanguin par dilution progressive de celui-ci avec l'eau distillée.

En désignant par l le volume fourni par la dilution de 1^{cm^3} de sérum et par h la densité optique de la solution ainsi obtenue, nous avons montré que, pour un sérum normal de cheval, le produit lh qui peut être considéré comme proportionnel au volume moyen des globulines qui se séparent, part de 0,09 pour $l = 1$, croît d'abord lentement, puis de plus en plus vite, passe, pour l compris entre 8 et 13, par un maximum de 4,96 à 5,07, décroît ensuite lentement, puis beaucoup plus vite, et finit par atteindre une valeur limite voisine de 2,20.

Il nous a paru intéressant d'étudier l'influence qu'exerce le chauffage préalable du sérum sur le produit lh lorsqu'on fait croître la dilution l.

2. Sous une dilution donnée quelconque, le chauffage préalable du sérum entraîne un abaissement δ du produit lh, c'est-à-dire du volume moyen des globulines qui se séparent.

a. Pour une température de chauffe déterminée, l'abaissement δ croît avec la durée de chauffe θ, d'abord rapidement, puis de moins en moins vite, et tend vers une valeur limite δ_m.

b. Pour une durée de chauffe déterminée θ, l'abaissement δ croît avec la température à laquelle le sérum a été porté, d'abord lentement, puis de plus en plus vite; la courbe représentative de la variation de δ en fonction de t présente un point d'inflexion après lequel δ croît de moins en moins vite et tend vers une limite δ_m très voisine de la précédente.

Le tableau suivant résume les mesures faites pour une dilution $l = 6$. Il donne, pour diverses durées de chauffe θ, à des températures croissantes t, les abaissements observés dans les produits lh.

Températures.	Durées de chauffe.				
t.	15'.	30'.	60'.	90'.	120'.
48°	0,06	0,08	0,10	0,15	0,21
50	0,10	0,20	0,52	0,60	2,00
52	0,15	0,82	0,78	3,00	3,10
53	0,30	1,44	1,60	3,18	3,20
54	0,80	2,00	3,20	3,20	3,20
55	1,80	3,00	3,22	3,17	3,17
57	3,20	3,20	3,19	3,20	3,20
58	3,20	3,18	3,17	3,18	3,17
60	3,10	3,12	3,15	3,16	3,15

Il résulte des données rapportées dans ce tableau qu'on peut obtenir à

une température de chauffe t le même abaissement δ qu'à une température de chauffe supérieure t', à condition d'accroître suffisamment la durée de chauffe θ à la température t par rapport à la durée de chauffe θ' à la température t'.

3. La courbe représentant la variation de th en fonction de t pour un sérum chauffé se place donc toujours au-dessous de la courbe relative au sérum non chauffé et frais.

La courbe du sérum chauffé s'écarte d'autant plus de la précédente que le sérum a été chauffé plus longuement et à une température plus élevée.

De plus le chauffage a pour effet d'atténuer le maximum de la courbe, c'est-à-dire de diminuer le volume des globulines qui se séparent du sérum par dilution.

Sous un certain degré de chauffage le volume de ces globulines est trop petit pour qu'on puisse observer aucune sédimentation. Ainsi le chauffage a-t-il pour effet de protéger un sérum contre l'action floculante de l'eau et, pour un sérum chauffé assez longuement ou à une température suffisante, on n'observe plus aucune séparation des globulines, quelle que soit la dilution dans l'eau distillée.

GÉOLOGIE. — *Sur la possibilité de l'existence du Néocomien dans la zone de l'Embrunais sur la rive droite de la Durance.* Note de M. **Maurice Gignoux**.

La reconnaissance du Crétacé inférieur dans les zones internes des Alpes françaises constitue un des problèmes les plus importants de la Stratigraphie alpine.

Dans les terrains dits autochtones qui servent de soubassement aux nappes de l'Embrunais dans les vallées de la Durance et de l'Ubaye, les témoins les plus orientaux connus de Crétacé inférieur (calcschistes à *Aptychus* et très rares Ammonites) sont, du Nord au Sud, ceux du Puy de Manse (nord-est de Gap), de l'écaille de Saint-Vincent-sur-Ubaye, et de Villard au sud du Lauzet-sur-Ubaye.

Dans les nappes, le Néocomien n'était connu (W. Kilian et E. Haug, E. Gagnebin et E. Peterhans, Yvonne Gubler-Wahl) que par le minuscule affleurement de calcaires schisteux à *Aptychus* de l'arête W du Chapeau de Gendarme (sud de Barcelonnette). Dans le massif du Morgon, les recherches en cours et non encore publiées de D. Schneegans nous le feront probablement connaître.

Je me suis attaché à rechercher ce Néocomien dans les nappes au nord de la Durance, et il semble bien qu'il doive être souvent représenté dans le complexe des terrains notés e^2 sur la feuille Gap et rapportés par nos prédécesseurs soit au Flysch calcaire éocène, soit aux marbres en plaquettes du Crétacé supérieur, la distinction de ces deux étages n'ayant pu être précisée.

Une coupe particulièrement instructive de ce complexe a été observée par moi, à 2^{km} de Châteauroux, dans la vallée du Rabioux, affluent de rive droite de la Durance. Là, séparée des terres-noires jurassiques autochtones par un liséré discontinu de Trias gypseux, la nappe débute par une lame de calcaires tithoniques très étirés, correctement indiqués sur la feuille Gap, et où j'ai trouvé des Bélemnites et des Calpionelles. Ils sont surmontés par le complexe dit e^2, dans lequel une falaise, dominant vers l'aval le hameau des Phasis, permet de relever, sur une hauteur de $150\text{-}200^m$, une succession ininterrompue.

En continuité avec les calcaires tithoniques viennent d'abord des calcschistes en plaquettes, gris clair ou blanchâtres, ayant tout l'aspect du Néocomien de Saint-Vincent et rappelant aussi beaucoup certaines assises des marbres en plaquettes. J'y ai trouvé de nombreux fragments d'*Aptychus* et même une trace d'Ammonite (*Crioceras*?); une dalle se montre littéralement pétrie de débris d'*Aptychus* (*A. Didayi*?). Il y a des zones siliceuses et des bancs d'aspect bréchoïde, mais qui sont en réalité des pseudobrèches résultant du laminage de calcaires noduleux. Au microscope [1], on n'y voit que des Radiolaires recristallisés en calcite et étirés, des spicules de Spongiaires, de rares radioles d'Oursins ; il n'y a pas de Rosalines. C'est cette partie inférieure du complexe e^2 que je propose d'attribuer au Néocomien.

En effet, au sommet de la falaise, et au milieu de bancs calcschisteux dont certains sont absolument identiques à ceux que nous venons de décrire, on voit apparaître des grès grossiers à grains de quartz, avec quelques grandes Nummulites : c'est le Lutétien transgressif, base du Flysch. Au-dessus, les pentes s'adoucissent : on entre dans les schistes du Flysch noir, bien reconnaissables à leurs intercalations gréseuses, et surmontés enfin par les hautes falaises des grès de l'Embrunais (= grès d'Annot) qui constituent le sommet de Clotinaille.

---

[1] Mon collègue L. Moret m'a apporté le concours de son expérience pour l'examen des coupes minces de roches.

Je souligne que les faciès d'ensemble de ces deux parties, néocomienne et tertiaire, du complexe e^2, sont ici fort semblables : la partie inférieure ne se distingue que par la présence des *Aptychus*, l'absence de grains de quartz et de véritables brèches, et la partie supérieure par l'apparition de bancs de grès à Nummulites. Aussi n'est-il pas étonnant que ce problème du Flysch calcaire ait sans cesse exercé la sagacité des géologues alpins, en France et en Suisse. J. Boussac voyait là une série compréhensive, avec passage continu du Crétacé au Tertiaire. Yvonne Gubler-Wahl a montré au contraire la généralité de la transgression lutétienne, mais reconnu, comme nos collègues suisses (et comme L. Moret), la fréquence des *Aptychus* remaniés dans le Tertiaire ; mais il pouvait paraître étrange de ne jamais trouver nulle part ces *Aptychus* en place dans des couches.

Je suis donc persuadé que le Néocomien doit être souvent représenté dans les lentilles de Flysch calcaire éparses à la base de la nappe du Flysch ou étirées dans les plissements de ce Flysch. Et, dans la zone du Briançonnais, la question se pose aussi de savoir si l'on ne devra pas rattacher au Néocomien certains complexes rapportés jusqu'à présent aux marbres en plaquettes du Crétacé supérieur, mais s'en distinguant par l'absence de zones rouges ou vertes.

M. **Paul Pascal**, par l'organe de M. H. Le Chatelier, fait hommage à l'Académie du Tome VII du *Traité de Chimie minérale*, publié sous sa direction. Secrétaire général : Paul Baud.

NOMINATIONS.

M. **Émile Mathias** est délégué à l'inauguration du monument élevé à la mémoire de Charles Bossut, à Tartaras (Loire), le dimanche 5 juin 1932.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la Chaire de *Mécanique* du Conservatoire national des Arts et Métiers.

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la Chaire de *Cryptogamie* du Muséum d'Histoire naturelle.

(Renvoi à la Section de Botanique.)

M. **H. Roussilhe** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Géographie et Navigation par le décès de M. *G. Ferrié.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Exposition coloniale internationale, Paris, 1931. *Indochine française*, Section des Sciences. *L'Institut océanographique de l'Indochine.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur les ensembles de niveau d'une fonction des distances d'un point à plusieurs ensembles.* Note (¹) de M. **Georges Bouligand**, présentée par M. Élie Cartan.

1. La présente Note donne des applications des deux théorèmes suivants, concernant la distance d'un point M à un ensemble E :

Théorème A. — *S'il existe une demi-droite* ML *issue de* M *et faisant un angle* $> \alpha > 1^d$ *avec chaque segment minimum* MN (ayant son extrémité N sur E), *la distance d'un point de* ML *à* E *est croissante en* M.

Théorème B. — *Sur une demi-droite issue de* M *et qui fait avec un certain segment minimum un angle aigu, la distance est décroissante en* M (²).

Je rappelle que le système des segments minima jouit de la *semi-continuité supérieure d'inclusion* (³) : d'une manière précise, en supposant que E est fermé, cela signifie que tout segment d'accumulation de segments minima MN est lui-même un segment minimum.

2. Soient n ensembles ponctuels bornés $E_1, \ldots, E_n$ et f une fonction simulcontinue des distances d'un point M à ces ensembles, croissante par rapport à chacune d'elles. Supposons qu'il existe un demi-cône de révolu-

(¹) Séance du 23 mai 1932.

(²) Bouligand, *Introduction à la Géométrie Infinitésimale directe*, p. 95-96, Paris, Vuibert, 1932.

(³) Bouligand, *Sur quelques points de théorie des ensembles* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p, 1060).

tion de sommet M contenant à la fois le système des segments minima relatif à chacun de nos ensembles. La demi-droite ML prolongeant le demi-axe du cône fait un angle obtus avec tous ces segments : d'après A, chaque distance est croissante en M sur ML. Il en sera donc de même de f. En outre, en vertu de la semi-continuité supérieure d'inclusion, aux points M′ suffisamment voisins de M, il existe un demi-cône de révolution analogue au précédent et tendant vers lui quand M′ tend vers M; le prolongement M′L′ du demi-axe du cône ou chaque droite issue de M′ et suffisamment peu inclinée sur M′L′ fait un angle obtus avec les segments minima de M′, angle qui dépasse un angle obtus fixe.

Donc *la droite* ML *est exclue du paratingent en* M *de l'ensemble de niveau de f qui contient ce point.* Sur cet ensemble, le point M appartient simultanément à la frontière de l'ensemble ouvert où f est dépassé par f_M et de l'ensemble ouvert où f dépasse f_M. Donc le voisinage de M, sur l'ensemble de niveau en question, est une rondelle de surface douée d'une représentation explicite, lorsqu'on prend ML pour axe des Z.

On retrouve ainsi dans le cas de $n = 1$ et par la voie la plus naturelle la notion de point (α) de M. Georges Durand (¹).

On peut aussi obtenir, dans la même voie, des propriétés *en grand. Considérons la plus petite sphère circonscrite à la réunion de nos ensembles*, et cherchons le lieu des points où f a une valeur au moins égale à son maximum sur la surface de cette sphère. Sur chaque demi-droite prolongeant un rayon de cette sphère, f est une fonction croissante. Donc, *à l'extérieur de la sphère, le lieu cherché est une surface coupée par chaque rayon vecteur issu du centre en un seul point.*

3. Supposons $n = 2$ et considérons le lieu des points M dont les distances d_1 à E_1 et d_2 à E_2 sont liées par une relation $d_1 = f(d_2)$, la fonction f étant supposée croissante (et positive).

Nous pourrons raisonner d'une manière analogue quand nous connaîtrons une demi-droite ML sur laquelle d_1 soit croissante et d_2 décroissante en M (en vertu de A et de B respectivement) : si cela se produit encore en M′ suffisamment voisin de M, et sur M′L′ suffisamment peu incliné sur ML, on saura que ML est exclu du paratingent de ce lieu en M. La méthode pourra être variée en cherchant une demi-droite ML sur laquelle d_1 et $f(d_2)$ soient simultanément croissantes, mais de manière que d_1 le soit plus rapidement que $f(d_2)$.

(¹) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1919.

Exemple. — Soit le lieu des points $d_1 = d_2 + c$. En remplaçant l'un des ensembles par un transformé C. M., on se ramène au lieu des points équidistants de E_1 et de E_2. Soient O_1, R_1 et O_2, R_2 les centres et rayons des sphères minima circonscrites à E_1 et à E_2 : la distance d_1 est comprise entre $MO_1 - R_1$ et $MO_1 + R_1$; la différence des distances à O_1 et O_2 d'un point M du lieu est donc moindre en valeur absolue que $R_1 + R_2$. Supposons la demi-distance des centres supérieure à $R_1 + R_2$. Le lieu se trouve entre les nappes d'un hyperboloïde de foyers O_1 et O_2. Les cônes C_1 et C_2 de sommet M circonscrits à nos sphères sont non empiétants au sens strict. Sur la demi-droite MO_2 ou sur une demi-droite très voisine, d_2 décroît plus rapidement que d_1, à supposer même que ce dernier décroisse. Le paratingent en M du lieu ne peut donc contenir ni MO_2 ni MO_1. On voit en même temps que le lieu coupe en un point et un seul chaque rayon vecteur issu de O_1 ou de O_2.

4. *En général*, si la fonction continue F(M) croît (sens strict) à partir de l'origine M' de chaque demi-droite M'L' assez voisine de ML (au sens du n° 2), *cela sur une longueur commune à toutes les* M'L' *de ce voisinage* (ce qui a lieu ci-dessus), alors ML est exclue du paratingent en M de l'ensemble de niveau $F = F_M$, où les environs de M sont formés par une rondelle de surface avec représentation explicite.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Dirichlet dont les exposants sont linéairement indépendants.* Note de M. S. **Mandelbrojt**, présentée par M. Jacques Hadamard.

La théorie de M. Bohr concernant les séries $\Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$, où les λ_n sont tels que l'égalité

$$A_1\lambda_1 + A_2\lambda_2 + \ldots + A_n\lambda_n = 0,$$

à coefficients A_i entiers, n'ait lieu que si les A_i sont tous nuls, est bien connue. Les méthodes de cet auteur relèvent de la théorie des approximations arithmétiques.

Dans cette Note nous indiquons une méthode servant à étudier des séries d'un caractère un peu plus restrictif.

Nos résultats, ainsi d'ailleurs que notre méthode, nous semblent essentiellement différents de ceux de M. Bohr.

Nous étudions le cas où les λ_n sont tels qu'aucune combinaison

$$A_1\lambda_1 + A_2\lambda_2 + \ldots + A_n\lambda_n,$$

où les A_i sont entiers, ne soit un entier, à moins que $A_i = 0$.

Voici un théorème qui caractérise les résultats que nous avons obtenus.

THÉORÈME I. — *Soit* $\Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$ *une série de Dirichlet telle que l'égalité*

$$A_1\lambda_1 + A_2\lambda_2 + \ldots + A_n\lambda_n = A,$$

où les A_i *et* A *sont entiers, n'ait jamais lieu, à moins que* $A_i = 0$ $(i = 1, \ldots, n)$.

Soit $0 < \lambda < 1/2$ *et supposons que, dans le domaine* $D(\lambda)$ *défini par l'inégalité*

$$\sigma \geqq \lambda \sin^2 \left(\frac{t - \left[\frac{t}{2\pi} \right] 2\pi}{4} \right)^{(1)} \qquad (s = \sigma + it, \; -\infty < t < \infty),$$

la fonction $f(s) = \Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$ *est holomorphe et telle qu'il existe un nombre* $a \neq 0$ *tel que, dans* $D(\lambda)$,

$$|f(s) - a| > \delta > 0, \qquad \delta < |a|.$$

Supposons enfin que $\Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$ *possède un axe de convergence absolue.*

Dans ces conditions, l'inégalité suivante a lieu :

$$|a_n| \leqq |a| - \delta \qquad (n = 1, 2, \ldots).$$

Autrement dit, si la condition précisée concernant les λ_n *a lieu, si* $\Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$ *possède un axe de convergence absolue et si* $f(s)$ *est holomorphe dans* $D(\lambda)$, *alors, en posant*

$$R = \textit{borne sup.}\ |a_n| \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

on peut affirmer que lorsque s varie dans $D(\lambda)$, *les points d'affixes* $z = f(s)$ *sont partout denses dans le cercle de rayon* R *autour de l'origine.*

Pour démontrer ce théorème, je m'appuie sur le théorème suivant :

THÉORÈME II. — *Si la série* $f_1(s) = \Sigma a'_n e^{-\lambda'_n s}$ *est telle qu'aucune différence*

$$\lambda'_n - \lambda'_m \qquad (m \neq n;\ 0 < \lambda'_1 < \lambda'_2, \ldots, \lim \lambda'_n = \infty)$$

n'est un entier, si cette série possède un axe de convergence absolue et si la fonction $f_1(s)$ *reste holomorphe et bornée dans* $D(\lambda)$ *fermé, alors*

$$(1^{\circ}) \qquad |a'_n| < M < +\infty.$$

Pour la démonstration de ce théorème j'emploie la transformation

$$(1) \qquad s = z - \log(1 + e^{-z}) + \log 2,$$

---

(1) $[x]$ désigne l'entier le plus voisin de x.

z variant dans un domaine $\Delta(\alpha)$ dont la frontière est définie par

$$-\alpha \leqq x \leqq 0, \quad y = (2k+1)\pi \quad (k = 0, \pm 1 \pm 2 \ldots;\ z = x + iy,\ \alpha > 0);$$
$$x = -\alpha \sin^2 \frac{y}{2} \quad (-\infty < y < \infty).$$

$\Delta(\alpha)$ contient le point $z = 1$. Dans (1), $\log(1 + e^{-z})$ est choisi réel pour z réel. On peut déterminer un α positif assez petit pour que, lorsque z varie dans $\Delta(\alpha)$, s donné par (1) varie dans $D(\lambda)$.

Remarquons, en passant, que la transformation (1) dérive d'une transformation connue de Faber.

Nous considérons la fonction

$$F(z) = \Sigma a'_n e^{-\lambda'_n z}\left(\frac{1 + e^{-z}}{2}\right)^{\lambda'_n},$$

où

$$(1 + e^{-z})^{\lambda'_n} = 1 + \sum_{m=1}^{\infty} T_n^m e^{-ms}, \quad T_n^m = \frac{\lambda'_n(\lambda'_n - 1)\ldots(\lambda'_n - m + 1)}{m!}.$$

En posant

(2) $$F(x) = \Sigma b_r e^{-\mu_r z} \quad (\mu_n < \mu_{n+1}),$$

on a

(3) $$\mu_r = \lambda'_n + m, \quad b_r = \frac{a_n}{2^{\lambda'_n}} T_n^m.$$

On voit aussi que la série (2) possède un axe de convergence absolue.

Il résulte de là et de quelques formules simples que

(4) $$b_r = \lim_{T=\infty} \frac{1}{T} \int F(z) e^{\mu_r z} dz,$$

l'intégrale étant prise le long d'une courbe

$$x = -\alpha \sin^2 \frac{y}{2} + \frac{1}{\mu_r}, \quad y = k\pi \ (k = 0, \pm 1, \ldots), \quad 0 \geqq x \geqq -\alpha + \frac{1}{\mu_r};\ t_0 \leqq y \leqq T.$$

La formule (4) permet d'évaluer b_r; on a

$$|b_r| = O\left(\frac{1}{\sqrt{\mu_r}}\right).$$

En posant $\mu_{r_n} = \lambda'_n + [(\lambda'_n - 1)/2]$, on a, en vertu de (3), (1°).

On passe du théorème I au théorème II en posant

$$f_1(s) = \frac{1}{a - f(s)} = \Sigma a'_n e^{-\lambda'_n s}.$$

On voit, d'après le théorème II, que

$$|a'_n| = \left|\frac{a_{n_1}a_{n_2}\ldots a_{n_k}}{a^{n_1+\ldots+n_k-1}}\right| < M,$$

donc

$$|a_n^m| < |a|^m N,$$
$$|a_n| < |a| \sqrt[m]{N} \qquad (n = 1, 2, \ldots; m = 1, 2, \ldots),$$

d'où d'abord $|a_n| \leqq |a|$. La conclusion est alors immédiate.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une généralisation de la méthode de sommation exponentielle de M. Borel.* Note ([1]) de M. **Vladimir Bernstein**, présentée par M. Hadamard.

M. Valiron a publié dans une Note récente ([2]) quelques théorèmes qui recouvrent en partie des résultats que je possède depuis quelque temps déjà, mais dont j'ai retardé la publication dans l'espoir de les compléter préalablement. Comme toutefois une partie notable de mes résultats reste en dehors de la Note de M. Valiron, je me permets de les exposer brièvement.

Considérons deux séries

$$f(z) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n z^n, \qquad F(z) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n z^n, \qquad a_n = b_n \theta(n);$$

on sait que, si $f(z)$ est une fonction entière d'ordre un et de type moyen, et si l'on prend $\theta(n) = n!$, la fonction $h(\varphi) = \overline{\lim} \log|f(re^{i\varphi})|/r$, qui caractérise le type de $f(z)$ sur le rayon $\arg z = \varphi$, est égale, pour chaque valeur de φ, à l'inverse du rayon-vecteur correspondant du polygone de sommabilité de $F(z)$, de sorte que si l'on connaît les points singuliers de $F(x)$, on peut calculer $h(\varphi)$ ([3]). De même, si $f(z)$ est d'ordre ρ et de type moyen, et si l'on prend $\theta(n) = \Gamma(n/\rho + 1)$, la connaissance des points singuliers de $F(z)$ suffit pour déterminer la fonc-

---

([1]) Séance du 23 mai 1932.

([2]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1552.

([3]) Cf. Borel, *Séries divergentes*, p. 171, et le Mémoire de M. Polya (*Math. Zeitschr.*, 29, 1929, p. 585).

tion $h(\varphi)=\overline{\lim}\log|f(re^{i\varphi})|/r^{\rho}$; elle sera égale à l'inverse du rayon-vecteur de l'étoile $\Sigma_{\pi/\rho}$ de Mittag-Leffler de $F(z)$ (1).

Je m'étais proposé de résoudre le problème suivant : *$f(z)$ étant une fonction entière quelconque d'ordre fini ρ dont $\rho(r)$ est un ordre précisé* L, *est-il possible de déterminer les $\theta(n)$ de telle façon que la connaissance des points singuliers (donc de l'étoile $\Sigma_{\pi/\rho}$) de* $F(z)$ *permette de déterminer la fonction $h(\varphi)=\overline{\lim}\log|f(re^{i\varphi})|/r^{\rho(r)}$*?

Je n'ai pu donner une solution exacte de ce problème qu'en introduisant certaines restrictions relatives à l'ordre précisé $\rho(r)$; lorsque $\rho(r)$ est quelconque, j'ai démontré seulement que l'on peut associer à $f(z)$ *deux fonctions* $F_1(z)$ et $F_2(z)$ [qui correspondent à deux choix différents des $\theta(n)$] de telle sorte que l'inverse du rayon-vecteur de l'étoile relative à $F_1(z)$ donne une borne supérieure de $h(\varphi)$, tandis que celui de l'étoile relative à $F_2(z)$ en donne une borne inférieure.

Si l'on détermine les $\theta(n)$ par la formule (3) de la Note de M. Valiron, on obtient la fonction $F_2(z)$; en effet, le théorème III de M. Valiron peut être précisé, de la manière suivante : *si δ désigne la distance de l'origine du point frontière de $\Sigma_{\pi/\rho}$ qui se trouve sur le rayon* $\arg z=\varphi$, *alors* $\log|f(z)|$ *ne peut pas rester, sur ce rayon, inférieur à $kr^{\rho(r)}$ avec $k\delta<1$.*

Voici maintenant comment on peut choisir les $\theta(n)$ pour obtenir $F_1(z)$. Soit $\chi_1(x)$ la fonction inverse de $x=r^{\rho(r)}$; on peut déterminer, en modifiant un peu un procédé dû à M. Valiron (cf. *Ann. Fac. Sc. de Toulouse*, 5, 1913, p. 230), une fonction $\chi(z)$ holomorphe dans un secteur $|\arg z|\leqq\pi/2\rho+\alpha$ ($\alpha>0$), et y satisfaisant aux conditions $\chi(re^{i\varphi})\sim\chi_1(r)e^{i\varphi/\rho}\sim\rho re^{i\varphi}\chi'(re^{i\varphi})$; cela posé, il suffira de prendre $\theta(n)=\Gamma[n\log\chi(n)/\log n]$ pour obtenir la fonction $F_1(z)$, dont les singularités donnent, de la façon indiquée, une borne supérieure pour $h(\varphi)$. Pour s'en assurer, on démontre qu'en posant

$$\Phi(z)=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{z^n}{\theta(n)},\qquad H(\varphi)=\overline{\lim_{r=\infty}}\log|\Phi(re^{i\varphi})|/r^{\rho(r)},$$

on a $H(\varphi)\leqq 0$ pour $|\varphi|\geqq\pi/2\rho$ (voir Lindelöf, *Calcul des résidus*, p. 113) et $H(\varphi)=\cos\varphi\rho$ pour $|\varphi|\leqq\pi/2\rho$ (voir Valiron, *loc. cit.*, p. 210). Maintenant, si l'on applique la formule

$$f(z)=\frac{1}{2\pi i}\int F_2(x)\,\Phi\left(\frac{z}{x}\right)\frac{dx}{x},$$

(1) Cf. Buhl, *Séries analytiques* (*Mém. Sc. math.*, 7, 1925, p. 36). On trouvera dans le même Ouvrage la définition de l'étoile $\Sigma_{\pi/\rho}$.

et, si l'on tient compte des propriétés de $\rho(r)$, on démontre facilement (cf. POLYA, *loc. cit.*, p. 584) que $h(\varphi)$ ne peut pas dépasser l'inverse du rayon-vecteur correspondant de l'étoile $\Sigma_{\pi/\rho}$ de $F_1(z)$. C. Q. F. D.

Introduisons maintenant la fonction

$$\mathcal{E}(x) = \frac{1}{2\pi i}\int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \theta(z) x^{-z}\, dz.$$

On peut démontrer que, *si cette fonction est positive pour x positif et assez grand, alors la fonction* $F_1(z)$ *fournit la réponse au problème posé : dans ce cas* (*comme dans les cas connus que nous avons rappelés au début*) $h(\varphi)$ *est exactement égale à l'inverse du rayon-vecteur correspondant de l'étoile* $\Sigma_{\pi/\rho}$ *de* $F_1(z)$. Dans les exemples que j'ai pu considérer, $\mathcal{E}(x)$ est effectivement positive pour x assez grand, mais je ne sais pas si ce fait est général.

On démontre la proposition précédente à l'aide d'un artifice. On déduit d'un théorème de M. Perron (voir BOREL, *loc. cit.*, p. 220) que le procédé de sommation qui définit l'intégrale

$$\int_0^\infty \mathcal{E}(x) f(xz)\, dx$$

comme « somme » du développement de Taylor de $F_1(z)$, est régulier. Il s'ensuit que la dernière intégrale représente bien $F_1(z)$ à l'intérieur de $\Sigma_{\pi/\rho}$, et d'autre part qu'on a $\log|\mathcal{E}(x)| \leqq -\cos\varphi\rho . r^{\rho(r)}$ pour $|\arg x| \leqq \pi/2\rho$ (cf. ma Note aux *Rendiconti R. Acc. Lincei*, 15, 1932, p. 30). Cela posé, la démonstration s'achève aisément.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les directions de Borel des fonctions entières d'ordre fini.* Note de Mlle **MARY L. CARTWRIGHT**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $f(z)$ une fonction entière d'ordre fini ρ. Supposons que

$$(1) \qquad \overline{\lim_{r=\infty}} \log M(r)/r^{\rho(r)} = A > 0 \qquad (A < +\infty),$$

$M(r)$ étant le maximum de $|f(re^{i\theta})|$ et $\rho(r)$ jouissant des propriétés de l'ordre précisé par Lindelöf. On peut dire que $f(z)$ est d'*ordre précisé* $\rho(r)$ *et du type* A *ou du type moyen.* Si (1) est vérifiée avec $A = 0$, on dira que $f(z)$ est d'*ordre précisé* $\rho(r)$ *et du type maximum.* Dans le premier cas ($A > 0$),

je dirai simplement ordre précisé $\rho(r)$ sans autre spécification (¹). Dans ce qui suit, la notation $\rho(r)$ désignera toujours l'ordre précisé de $f(z)$ et $\rho_1(r)$ tout ordre précisé tel que $r^{\rho_1(r)} = O[r^{\rho(r)}]$, donc $\rho_1(r) \to \rho_1 \leqq \rho$ lorsque $r \to \infty$.

Désignons par $\Pi(z)$ une fonction entière quelconque d'ordre précisé $\rho_1(r)$ et du type minimum, par $z_n = r_n e^{i\theta_n}$ une suite de points tels que $\lim \theta_n = \gamma$, $\lim r_n = \infty$ lorsque $n \to \infty$, et par $N(n, \delta, \Pi)$ le nombre des zéros de $f(z) - \Pi(z)$ dans le cercle $|z - z_n| \leqq \delta r_n$ (²). Supposons que

$$\overline{\lim_{n=\infty}} N(n, \delta, \Pi)/r_n^{\rho_1(r_n)} = \eta(\delta) > 0,$$

pour chaque $\delta > 0$ et pour toute fonction $\Pi(z)$ sauf une au plus : nous dirons alors que la direction Δ, $\arg z = \gamma$ est *une direction de Borel d'ordre précisé* $\rho_1(r)$. Si $\rho_1(r) = \rho(r) + O(1/\log r)$, nous dirons que Δ *est une direction de Borel d'ordre* L. Les deux théorèmes suivants découlent facilement de résultats de MM. Valiron et Milloux (³) et d'une remarque de M. Rauch (⁴).

Théorème I. — *Toute fonction entière d'ordre fini a au moins une direction de Borel d'ordre* L.

Posons

$$h_1(\theta) = \overline{\lim_{r=\infty}} \log|f(re^{i\theta})|/r^{\rho_1(r)}.$$

Si $\rho_1(r) = \rho(r)$, nous écrirons $h(\theta)$ au lieu de $h_1(\theta)$. D'après (1), $h(\theta)$ est fini et continu. Il restera sous-entendu que, d'après les propriétés connues de $h_1(\theta)$ dues à MM. Lindelöf et Phragmén, la plupart des théorèmes suivants n'auront d'intérêt que pour $\rho \geqq 1/2$.

Théorème II. — *Si $h_1(\theta) > 0$ pour une valeur θ telle que $\alpha < \theta < \beta$ avec $\pi/\rho_1 < \beta - \alpha < 2\pi$, il existe au moins une direction de Borel d'ordre précisé $\rho_1(r)$ dans l'angle $\alpha < \arg z < \beta$.*

Corollaire I. — *Toute fonction entière d'ordre $\rho > 1/2$ a au moins deux directions de Borel d'ordre* L.

Corollaire II. — *Si Ω est le plus petit angle contenant les directions de Borel d'ordre* L *de $f(z)$, on a $\Omega \geqq \min(\pi/\rho\,;\, 2\pi)$.*

(¹) La définition habituelle de l'ordre précisé suppose $A = 1$. Le but de l'introduction de A est de pouvoir prendre $\rho(r) = \rho$ pour les fonctions appelées d'ordre ρ et du type moyen dans la terminologie de M. Lindelöf.

(²) Je dois à M. Valiron la suggestion d'introduire les cercles de remplissage dans ces définitions.

(³) Voir H. Milloux, *Acta math.*, 52, 1928, p. 196-210 et 228-241.

(⁴) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1189.

THÉORÈME III. — *Supposons* $\rho > 1$, $\Omega = \pi/\rho$, *la bissectrice de cet angle* Ω *ayant* o *pour argument. Désignons par* $\Pi(z)$ *une fonction entière d'ordre précisé* $\rho(r)$ *et du type minimum et par* $n(r, \alpha, \beta, \Pi)$ *le nombre des zéros de* $f(z) - \Pi(z)$ *dans le secteur* $|z| \leqq r$, $\alpha \leqq \arg z \leqq \beta$. *Dans ces conditions :* 1° $h(\theta) = A\cos\theta\rho$ *dans* Ω *et* $h(\theta) = 0$ *ailleurs;* 2° *pour chaque* $\delta > 0$ *et pour* $r \to \infty$,

$$\lim n\left(r, -\frac{1}{2}\pi/\rho + \delta, \frac{1}{2}\pi/\rho - \delta, \Pi\right)/r^{\rho(r)}$$
$$= \lim n\left(r, \frac{1}{2}\pi/\rho + \delta; 2\pi - \frac{1}{2}\pi/\rho - \delta, \Pi\right)/r^{\rho(r)} = 0;$$

3° *pour* $r \to \infty$, *on a, sur un ensemble de densité supérieure* 1 (¹),

$$n\left(r, -\frac{1}{2}\pi/\rho - \delta, -\frac{1}{2}\pi/\rho + \delta, \Pi\right) \sim n\left(r, \frac{1}{2}\pi/\rho - \delta, \frac{1}{2}\pi/\rho + \delta, \Pi\right) \sim A r^{\rho(r)}/2\pi.$$

Ce théorème résulte de II, des propriétés de $h(\theta)$ et du théorème IV de ma Note précédente. On peut ajouter qu'il n'y a pas de directions de Borel d'ordre L dans Ω et que, sur un ensemble de densité supérieure 1, il n'y a pas de fonction exceptionnelle $\Pi(re^{i\theta})$.

THÉORÈME IV (²). — *Si* $h_1(\alpha) = 0$ *et* $h_1(\theta) > 0$ *pour* $\alpha < \theta < \beta$, *la direction* $\arg z = \alpha$ *est une direction de Borel d'ordre précisé* $\rho_1(r)$.

Dans la démonstration on utilise le théorème sur le minimum du module et le théorème de Jensen.

THÉORÈME V. — *Supposons* $h_1(\theta) = A\cos\theta\rho_1$ *pour* $\alpha \leqq \theta \leqq \beta$ *avec* $\alpha \leqq 0 < \beta$; *alors pour tout* $\gamma > \beta$ *les deux cas suivants sont seuls possibles :* 1° *Pour chaque* $\delta > 0$,

$$\overline{\lim_{r=\infty}}\, n(r, \beta - \delta, \gamma - \delta)/r^{\rho_1(r)} = \eta(\delta) > 0;$$

2° *Pour chaque* $\delta > 0$, *on a, sur un ensemble de densité supérieure* 1,

$$\log|f(re^{i\theta})| \sim A\cos\theta\rho_1 . r^{\rho_1(r)} \tag{2}$$

dans tout l'angle $\alpha + \delta \leqq \theta \leqq \gamma - \delta$. *En particulier, il existe une direction de Borel d'ordre précisé* $\rho_1(r)$, $\arg z = \gamma$, *telle que* $\beta \leqq \gamma \leqq \frac{1}{2}\pi/\rho_1$.

La démonstration utilise le théorème I de ma Note précédente et les méthodes qui conduisent aux théorèmes précédents.

(¹) Pour le sens de cette expression, voir ma Note précédente (*Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1718) et BESICOVITCH, *Math. Ann.*, **97**, 1927, p. 679.

(²) Pour cet énoncé et quelques-uns des précédents, comparer VALIRON, *Annali di mat.*, 4ᵉ série, **9**, 1931, p. 282, théorème X, et *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1305-1306.

En introduisant $T(r)$ au lieu de $\log M(r)$ dans (1), on peut définir les directions de Borel d'ordre précisé $\rho(r)$ pour les fonctions méromorphes (comparer la Note citée de M. Valiron) et étendre les résultats précédents aux fonctions méromorphes qui ont une valeur asymptotique au sens large.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les mouvements des liquides illimités.* Note (1) de M. J. **Leray**, présentée par M. Henri Villat.

Nous développons ci-dessous des résultats qui complètent ceux que nous avons donnés dans une Note des *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1628.

1. *Liquides visqueux à trois dimensions.* — Soient ρ la densité, μ le coefficient de viscosité. Supposons qu'on puisse trouver une constante α et quatre fonctions U_1, U_2, U_3, P qui soient définies en tout point (X_1, X_2, X_3) de l'espace et qui vérifient le système

$$(1)\qquad \mu\,\Delta U_i - \alpha\rho\left[U_i + \sum_k X_k \frac{\partial U_i}{\partial X_k}\right] - \frac{\partial P}{\partial X_i} = \rho \sum_k U_k \frac{\partial U_i}{\partial X_k}; \qquad \sum_k \frac{\partial U_k}{\partial X_k} = 0.$$

Intégrons sur tout l'espace la relation

$$\mu \sum_i U_i \Delta U_i - \alpha\rho \sum_i U_i \left[U_i + \sum_k X_k \frac{\partial U_i}{\partial X_k}\right] - \sum_i U_i \frac{\partial P}{\partial X_i} = \rho \sum_{i,k} U_i U_k \frac{\partial U_i}{\partial X_k}.$$

On constate que α est positif si P, U_i et leurs dérivées premières tendent vers zéro assez rapidement quand le point (X_1, X_2, X_3) s'éloigne à l'infini. Dans ces conditions les fonctions

$$(2)\qquad u_i(x_1, x_2, x_3, t) = \frac{1}{\sqrt{-2\alpha t}} U_i\left[\frac{x_1}{\sqrt{-2\alpha t}}, \frac{x_2}{\sqrt{-2\alpha t}}, \frac{x_3}{\sqrt{-2\alpha t}}\right]$$

définiraient un mouvement de liquide visqueux irrégulier pour $t=0$; le problème d'intégrer les équations de Navier, sachant qu'à l'instant $t=-1/2\alpha$ l'état des vitesses est $u_i = U_i[x_1, x_2, x_3]$, n'admettrait pas de solution régulière pour toute valeur de t; mais une « solution turbulente » serait évidente; elle serait définie par (2) pour $t<0$; ce serait le repos pour $t>0$.

2. *Liquide parfait à deux dimensions.* — Il s'agit de déterminer le mouvement connaissant l'état des vitesses à l'instant $t=0$; on suppose bornés, à cet instant, le tourbillon et la somme de son module étendue à tout le plan.

(1) Séance du 23 mai 1932.

Les positions d'une molécule aux instants o et t se correspondent par une transformation bicontinue du plan en lui-même, $T(t)$, qui doit conserver les aires; l'état du tourbillon à l'instant t doit se déduire de l'état initial par la transformation $T(t)$. Supposons qu'il s'en déduise par la transformation $T(\tau)$, τ étant celui des multiples d'une constante donnée ε qui appartient à l'intervalle (o, t) et qui est le plus proche de t; ce nouveau problème s'intègre facilement : un premier système différentiel détermine les trajectoires des molécules pour $o \leqq t \leqq \varepsilon$; un second pour $\varepsilon \leqq t \leqq 2\varepsilon$, etc. Faisons tendre ε vers zéro; nous obtenons à la limite une solution du problème étudié, qui est définie pour $-\infty < t < +\infty$. L'unicité de la solution et sa continuité par rapport aux conditions initiales s'établissent aisément. Un domaine tourbillonnaire ne peut se scinder, ni deux domaines tourbillonnaires se rencontrer; les molécules en lesquelles le tourbillon est continu sont les mêmes aux divers instants; celles en lesquelles il satisfait une condition de Hölder d'exposant donné sont également les mêmes aux divers instants, etc. Si le tourbillon est à l'instant initial une fonction mesurable partout discontinue, les termes des équations d'Euler :

$$(3) \qquad \frac{du}{dt} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} = 0, \qquad \frac{dv}{dt} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} = 0, \qquad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0,$$

n'ont plus aucun sens; seules sont vérifiées des équations intégrales résultant de (3); nous dirons que les fonctions que nous venons de construire constituent alors une solution turbulente de (3), car c'est dans des circonstances très analogues que nous avons déjà employé cette locution. Indiquons la possibilité d'utiliser d'autres hypothèses concernant l'état initial : par exemple, la vitesse, le tourbillon et l'énergie cinétique totale bornés.

3. *Liquides visqueux à deux dimensions.* — Imposons aux conditions initiales les mêmes restrictions qu'au début du paragraphe 2; développons une étude analogue à la précédente, laquelle imite d'ailleurs l'intégration des équations différentielles par la méthode de Cauchy-Lipschitz. Nous obtenons aisément une solution des équations de Navier, qui est régulière et définie pour toutes les valeurs positives de t; l'unicité, la continuité par rapport aux données restent assurées. Si l'on fait tendre vers zéro le coefficient de viscosité, cette solution tend vers une limite et le théorème d'existence du paragraphe 2 se trouve établi à nouveau.

On peut donner une deuxième démonstration de la régularité du mouvement des liquides visqueux, illimités, à deux dimensions; elle utilise la relation de dissipation de l'énergie et diverses inégalités qui en résultent. Elle

nécessite d'assez longs développements. Mais cette deuxième méthode s'applique à des conditions initiales différentes des précédentes; et c'est elle qui permet d'étudier les solutions turbulentes dans le problème des liquides plans, visqueux, limités par des parois.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Calcul d'une limite supérieure de la durée de la détonation dans les moteurs à explosion et explication de la présence d'une lacune dans les diagrammes fournis par certains manographes électriques.* Note de M. **Max Serruys**.

On sait qu'en raison de leur inertie, la plupart des manographes actuellement existants sont incapables de fournir des renseignements précis sur les variations de la pression pendant la période de la combustion dans les moteurs à explosion et, *a fortiori*, de nous renseigner sur la durée réelle du phénomène du cognement. On verra dans les lignes qui suivent comment nous sommes parvenus à déterminer expérimentalement une limite supérieure de la durée de la surpression correspondant au cognement, en mesurant l'impulsion communiquée par celle-ci à une pièce très légère.

Au cours d'essais entrepris pour le Service des Recherches de l'Aéronautique, en vue de vérifier la valeur des indications fournies par un manographe électrique du type Farnboro, nous avons été amenés à attacher une assez grande importance à la lacune, que présente toujours la courbe enregistrée, au voisinage du maximum de pression.

Voici l'explication que nous avons trouvée de ce fait et le calcul qui nous en a permis la vérification.

Supposant connu le fonctionnement de l'appareil (schéma *fig.* 1), considérons ce qui se passe pour une valeur donnée de la contre-pression (*fig.* 2) : à chaque cycle, la soupape S quitte son siège inférieur au moment où la pression variable à mesurer dépasse la valeur correspondant à l'ordonnée EF, ce qui provoque l'inscription du point E avec un retard que nous avons trouvé négligeable à l'échelle du diagramme ; mais il est nécessaire, pour qu'un point F de la courbe des pressions décroissantes s'inscrive réellement, que l'impulsion reçue pendant le temps EF par la soupape S lui permette d'atteindre le siège supérieur et qu'elle soit en outre demeurée en contact avec celui-ci pendant le temps τ indispensable pour que le courant primaire prenne la valeur minimum nécessaire au fonctionnement de l'éclateur. (Si le simple rebondissement de la soupape sur son

siège supérieur suffisait à provoquer l'inscription d'un point, le diagramme se trouverait déformé.) C'est ce qui explique que, si la pression EF est assez élevée, le point n'est pas inscrit par l'appareil. Pour le vérifier, on peut calculer, à partir de l'étendue de la lacune du diagramme, une quantité connue comme le jeu de la soupape entre ses sièges.

Soient f la force appliquée à la soupape un temps t après qu'elle a quitté

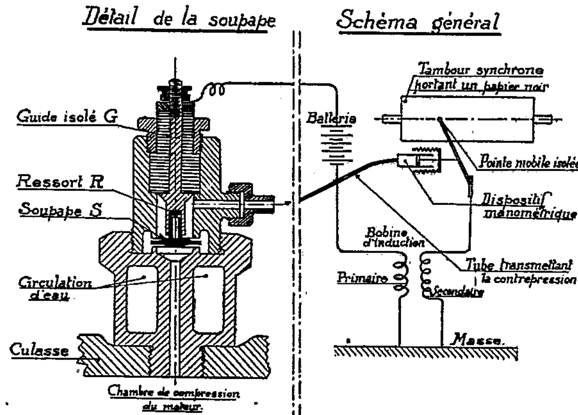


Fig. 1.

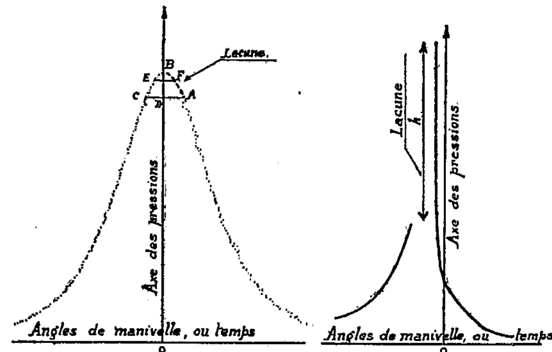


Fig. 2. Fig. 3.

le siège inférieur, x l'élongation atteinte au bout de ce temps, k et θ des constantes et m la masse de la soupape S.

Admettons que pendant le temps très court EF on a

$$f = kt(\theta - t).$$

On en déduit en intégrant

$$x = \frac{kt^3}{6m}\left(\theta - \frac{t}{2}\right).$$

D'autre part on a évidemment pour le premier point inscrit A (*fig.* 2)

$$\text{CA} = \theta \qquad \text{et} \qquad \text{DB} = \frac{k\theta^2}{4},$$

la force étant maxima pour $t = \theta/2$. L'élongation X correspondant à l'instant $\theta - \tau$ où la soupape touche le siège supérieur a donc pour expression

$$\text{X} = \frac{k}{m}\,\frac{(\theta-\tau)^3(\theta+\tau)}{12} = \frac{4\,\text{BD}}{m} \times \frac{(\theta-\tau)^3(\theta+\tau)}{12\,\theta^2}.$$

On mesure (*fig.* 2)

$$\text{BD} = \frac{4}{9} \times 981 \times 10^3 \text{ dynes} \qquad \text{et} \qquad \theta = \frac{16}{360} \times \frac{1}{33,3} = 0,00133 \text{ sec.}$$

D'autre part $m = 4$ gr et τ, mesuré par deux méthodes différentes, a été trouvé égal à 0",00037, d'où

$$X = \frac{4}{9} \times 981 \times 10^3 \times \frac{(0,00096)^3 \times 0,0017}{12 \times (0,00133)^2} = 0^{cm},031.$$

La mesure directe donnant $0^{cm},03$, la vérification peut être considérée comme suffisante.

Dans le cas d'un moteur qui cogne, nous allons calculer la durée d'une pointe de pression unique d'allure parabolique susceptible de communiquer à la soupape la même impulsion que les variations réelles de pression pendant le cognement. Soit donc $f = kt(\theta - t)$ la pression pendant cette pointe hypothétique dont nous allons chercher la durée θ.

On a toujours

$$x = \frac{k}{m}\frac{t^3}{6}\left(\theta - \frac{t}{2}\right), \qquad \text{d'où} \qquad X = \frac{k}{m}\frac{\theta^4}{12} = 0^{cm},04,$$

et, comme $h = k\theta^2/4$ (*fig.* 3), on tire

$$\theta = \sqrt{\frac{3mX}{h}}.$$

On mesure sur le diagramme $h = 32 \times 981 \times 10^3$ dynes, d'où

$$\theta = 0,000\,122 \text{ seconde.}$$

On vérifie *a posteriori* que le premier point inscrit M apparaît un temps nettement supérieur à τ après que la soupape a touché son siège supérieur (à l'instant $3\theta/2$).

Il semble donc que la durée de la détonation soit inférieure à 1/10000e de seconde. Vu l'importance de ce résultat au point de vue de l'étude théorique du cognement, nous préparons actuellement un manographe d'une période propre de 1/30000e de seconde environ afin d'opérer une détermination plus précise.

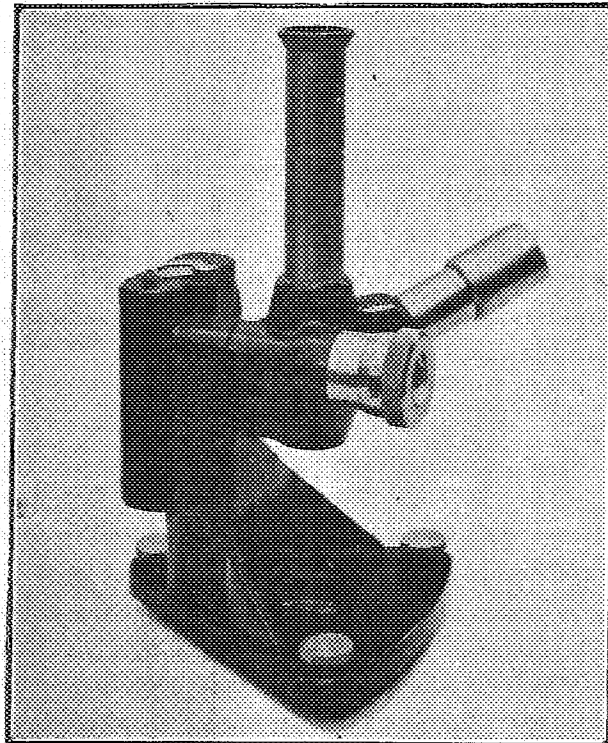
MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *La photo-élasticimétrie étendue à l'étude des ouvrages en béton.* Note [1] de M. **Georges Mabboux**, transmise par M. J.-L. Breton.

L'étude des déformations des ouvrages en béton n'a été effectuée jusqu'ici que d'une manière temporaire, et seulement à l'aide de surcharges momen-

(1) Séance du 23 mai 1932.

tanées, en raison de l'impossibilité de laisser en permanence les instruments de mesure dont on disposait et en raison de la conception même de ceux-ci, qui ne se prêtent guère qu'à des mesures différentielles.

Il m'a paru intéressant de fixer, d'une manière permanente sur les ouvrages en béton, de petits miroirs de verre que l'on pourrait examiner par les méthodes photo-élasticimétriques connues et dont on déterminerait ainsi l'orientation et la grandeur des tensions principales. En établissant une



concordance entre les grandeurs des tensions observées et les contraintes du béton au voisinage des miroirs, on disposerait d'un moyen d'investigation permettant de suivre l'histoire, du point de vue de l'élasticité, de l'ouvrage en béton, cette histoire ayant pour origine l'époque de la prise du ciment.

Afin d'atténuer les influences perturbatrices de la forme des éléments de construction et du grain de mortier sur la répartition des contraintes dans les miroirs, il est bon que ceux-ci soient de dimensions négligeables par rapport à celles de l'élément considéré, mais très grandes par rapport au

grain du mortier. Des disques de verre d'environ 1^{cm} de diamètre et de $0^{cm},3$ d'épaisseur se sont montrés très convenables.

Pour faciliter la mise en œuvre du procédé, de petites éprouvettes en béton, comprenant des miroirs, sont réalisées au laboratoire pour être installées, sur chantiers, dans les coffrages qui serviront à la coulée de l'ouvrage.

Il est avantageux d'examiner les miroirs de l'ouvrage décoffré à l'aide d'un photo-élasticimètre spécialement adapté aux conditions de son emploi.

L'instrument, représenté ici, est constitué par l'assemblage d'une lunette polariscopique à nicol et teinte sensible, d'une source indépendante de lumière polarisée, d'une éprouvette en verre argenté utilisée comme comparateur, d'un dynamomètre à ressort taré et d'un rapporteur d'angle.

Pour effectuer une mesure, on applique l'instrument par ses vis calantes sur la paroi, supposée verticale, munie d'un miroir témoin, en appuyant sur le bouton qui allume la lampe d'éclairage alimentée par une pile de poche contenue dans le bâti. On recherche l'orientation qui correspond à la teinte la plus élevée et, à l'aide du bouton moleté, on tourne le tambour gradué du dynamomètre jusqu'à ce qu'on obtienne l'équivalence des teintes du miroir témoin et de l'éprouvette du comparateur. On peut alors lâcher le bouton d'éclairage, ce qui bloque automatiquement le rapporteur d'angle, et faire alors les lectures d'angle et de grandeur des contraintes.

Des travaux actuellement en cours ont déjà mis en évidence que :

1° Les indications de l'instrument sont très sensiblement proportionnelles aux contraintes imposées au béton ;

2° L'instrument décèle aisément de faibles divergences d'orientation des contraintes principales en différents points d'une même surface ;

3° On peut effectuer des mesures différentielles sur un ouvrage préexistant en scellant, après coup, sur celui-ci, des miroirs témoins.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Bandes et raies d'émission dans le spectre du ciel nocturne*. Note [1] de M. J. **Dufay**, présentée par M. Ch. Fabry.

1. Une Note précédente a rendu compte des observations faites à Saint-Genis-Laval (Observatoire de Lyon) en septembre, octobre et novembre

(1) Séance du 23 mai 1932.

1931 (1). La raie verte de l'oxygène (5577 Å) était alors très intense à 15° de l'horizon. Elle était accompagnée d'une vingtaine de bandes d'émission plus faibles dans les régions bleue et violette : bandes de l'azote et bandes d'origine inconnue. Ce spectre ressemblait beaucoup à celui des aurores polaires.

Les observations poursuivies jusqu'au mois d'avril 1932 ont conduit aux résultats suivants :

1° Dès la fin du mois de novembre 1931 l'intensité de la raie verte a considérablement diminué.

2° *En même temps les bandes ont pratiquement disparu.* On trouve à peine trace de certaines d'entre elles sur quelques clichés obtenus avec le plus petit des deux spectrographes utilisés (février 1932). Avec le spectrographe le plus dispersif je n'ai plus observé dans les régions bleue et violette qu'un faible spectre continu (poses de 40 à 72 heures).

Ainsi, après une longue période de grande intensité, l'ensemble du spectre d'émission paraît s'être brusquement affaibli. Dans les régions bleue et violette, le spectre continu à raies de Frauenhofer reste le seul élément permanent du spectre du ciel nocturne (2).

2. J'ai cherché d'autre part à photographier les régions jaune et rouge du spectre du ciel nocturne à 15° de l'horizon. Une pose faite en janvier 1932 a montré, en plus de la raie verte, une raie d'émission très faible à 5893 Å.

Pour obtenir des impressions plus fortes en un temps relativement court, j'ai employé dans la suite une fente très large, au milieu de laquelle se trouve une aiguille fine parallèle aux bords. Cette disposition, qui m'a déjà servi à observer la raie verte (3), est très avantageuse pour l'étude des faibles raies d'émission. Tant que la largeur de l'image monochromatique de la fente n'est pas grande par rapport au grain de la plaque, la densité photographique croît avec la largeur de l'image (4). On a donc intérêt à employer une fente large ; l'image très étroite de l'aiguille permet d'ailleurs de faire des mesures aussi précises que l'image d'une fente fine.

(1) J. Dufay, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1108.

(2) J. Dufay, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1290; *Journal de Physique*, 10, 1929, p. 219.

(3) J. Dufay, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 142.

(4) Bien entendu lorsqu'on se place dans des conditions telles que la diffraction n'intervienne pas. Ce phénomène, qui résulte probablement de la structure des émulsions, est étudié actuellement par M. Legreneur.

J'ai observé ainsi, sur plaque panchromatique Ilford, la raie verte, la raie jaune et une raie rouge plus faible. Les longueurs d'onde des deux dernières, mesurées sur les différents clichés, sont rassemblées dans le tableau suivant :

Dates.	Durée des poses.	Raie jaune.	Raie rouge.
	h m	Å	
9-13 janvier	33.19	5893 Å	invisible
27 février-4 mars	44.28	5892	6315
5-7 mars	23.40	5893	présente, non mesurable
10-13 mars	30.46	5892	présente, non mesurable
27 mars-10 avril	46.34	5892	6310

Ces deux raies ont déjà été observées par Slipher en 1929 (¹). La présence d'un croissant de Lune n'empêchait pas de les photographier en mars, mais elles paraissaient déjà plus faibles au début d'avril. Sur les plaques Ilford, la raie jaune semble souvent plus intense que la raie verte.

La raie rouge paraît appartenir au spectre des aurores (raie rouge des aurores, attribuée à l'oxygène), mais il n'en est pas de même de la raie jaune. Comme celle-ci a la longueur d'onde moyenne des deux raies D, on peut songer à la possibilité d'une émission par le sodium interstellaire (²). L'emploi d'une dispersion beaucoup plus grande sera nécessaire pour voir s'il s'agit d'une raie simple, d'un doublet ou d'une bande étroite. Actuellement les variations d'intensité témoigneraient plutôt en faveur d'une origine atmosphérique (³).

(¹) V. M. Slipher, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 61, 1929, p. 263. Slipher donne les longueurs d'onde 5892 et 6315 Å.

(²) Y. Öhman a examiné la possibilité de l'émission par le calcium interstellaire (*Meddelanden från Astronomiska Observatorium Upsala*, nº 44; *Nature*, 124, 1929, p. 179). Les données paraissent insuffisantes pour qu'il soit possible d'étudier aussi théoriquement l'émission par le sodium.

(³) Le dernier cliché a été obtenu en plaçant un prisme à réflexion totale devant la moitié supérieure de la fente, de manière à viser à la fois près du zénith et près de l'horizon et voir ainsi si l'épaisseur de la couche atmosphérique intervient comme dans le cas de la raie verte de l'aurore. Les raies étaient alors malheureusement trop faibles et le résultat manque de netteté, bien que plutôt favorable à l'hypothèse atmosphérique.

Il est d'ailleurs permis de se demander si l'apparence de la raie « stationnaire » du sodium, observée avec de faibles dispersions dans les spectres des étoiles des premiers types B, ne pourrait pas être produite par une raie atmosphérique très voisine des raies D. L'intensité de cette raie du sodium interstellaire est difficile à comprendre d'après les données dont on dispose actuellement (B. P. Gerasimovic et O. Struve, *Astrophysical Journal*, 69, 1929, p. 7).

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Un exemple de fonction harmonique multiforme fourni par la théorie du potentiel newtonien.* Note de MM. **R. Wavre** et **P. Dive**, présentée par M. Hadamard.

Envisageons une couche homogène comprise entre deux sphères concentriques. Elle crée à l'intérieur de la cavité un potentiel constant. Considérons une seconde masse identique à la précédente mais placée de manière que les cavités aient une partie commune D. Les potentiels des deux masses sont identiques dans D. Retranchons l'anneau commun aux deux couches. Les potentiels P_1 et P_2 créés par les parties restantes (1) et (2) sont encore identiques dans D, mais ils ne sont plus constants. Les ensembles (1) et (2) n'ont que quatre circonférences communes. P_1 est harmonique partout sauf peut-être sur (1), P_2 est harmonique partout sauf peut-être sur (2). La fonction Φ égale à P_1 et P_2 dans D peut donc être définie dans tout l'espace, elle y est harmonique sauf, peut-être, sur les quatre circonférences qui font partie à la fois de (1) et de (2). Si la fonction Φ ainsi définie était uniforme, elle serait encore harmonique sur les circonférences en vertu d'un théorème de M. Lebesgue, car elle est bornée au voisinage de ces lignes. Elle serait harmonique dans tout l'espace, nulle à l'infini, donc identiquement nulle, ce qui ne peut pas être puisqu'elle représente un potentiel newtonien.

La fonction harmonique Φ est donc multiforme et elle admet quelques-unes des quatre circonférences précédentes comme lignes de ramification.

Les couches sphériques envisagées peuvent être remplacées par des homoïdes ellipsoïdaux, ce qui donne à la proposition plus de généralité. Dans le cas des sphères, on s'assure immédiatement que les deux potentiels P_1 et P_2 ne coïncident plus à l'extérieur des deux couches primitives.

L'exemple précédent est instructif aussi à l'égard de la théorie des familles de corps potentiellement équivalentes.

En effet, soient (1) et (2) deux familles de corps quelconques. Il est impossible que ces deux familles créent le même potentiel newtonien dans un domaine D si la réunion des domaines Δ_1 et Δ_2 d'un seul tenant avec D et contigus avec (1) et (2) [nous entendons par Δ_1 la partie de l'ensemble complémentaire de (1) d'un seul tenant avec D] remplit l'espace entier E : $\Delta_1 + \Delta_2 = E$. En effet, le potentiel de (1) est harmonique dans Δ_1, celui de (2) dans Δ_2. On aurait alors une fonction harmonique dans l'espace entier, nulle à l'infini, donc identiquement nulle, ce qui n'est pas, puisqu'elle représente de nouveau un potentiel newtonien.

C'est ainsi qu'une sphère avec un petit trou ne saurait engendrer dans aucun domaine le même potentiel qu'un corps plein.

Mais si de l'espace entier E, on retranche, par exemple, quatre lignes comme dans le cas précédent, deux familles de corps peuvent être potentiellement équivalentes.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'existence d'oscillations de haute fréquence dans le courant secondaire des magnétos à haute tension.* Note de MM. **Jean Jaffray** et **Pierre Vernotte**.

Une magnéto à haute tension débite dans un circuit comprenant un éclateur, genre T.S.F., et un thermocouple à vide relié à un galvanomètre, destiné à mesurer l'intensité efficace du courant de décharge. Les phénomènes sont extrêmement complexes; cependant les expériences suivantes semblent prouver l'existence dans le circuit d'oscillations de haute fréquence :

1° Si l'on introduit en série, dans le circuit de décharge, une très petite self (de l'ordre de 10^{-5} henry), l'intensité efficace diminue considérablement — parfois du quart de sa valeur initiale. De plus, si à partir de 10^{-5} henry, on double la self, la diminution de l'intensité devient négligeable. On peut donc admettre provisoirement qu'une self de 2.10^{-5} henry étouffe un terme de haute fréquence.

2° Si de tels courants de haute fréquence existent, les dérivations latérales par capacité ne doivent pas être négligeables; en particulier, le thermocouple à vide doit les dériver en partie dans le circuit du galvanomètre. C'est bien ce que l'on observe : si l'on réunit une des bornes du thermocouple, destinée au galvanomètre, à un second thermocouple plus sensible, on recueille dans ce dernier un courant atteignant plusieurs milliampères. L'intensité de ce courant dérivé diminue à mesure qu'on introduit, dans le circuit de décharge, les selfs dont il est parlé plus haut.

MESURES ÉLECTRIQUES. — *Sur une méthode de comparaison de capacités faibles.* Note [1] de M. **Michel Durepaire**, présentée par M. Paul Janet.

La méthode que nous décrivons dans cette Note s'applique surtout à la comparaison de capacités faibles, de l'ordre du millième de microfarad.

[1] Séance du 23 mai 1932.

Cette méthode utilise les oscillations de relaxation qui prennent naissance dans le circuit constitué par un condensateur chargé au moyen d'une pile par l'intermédiaire d'une résistance et se déchargeant dans un tube au néon. La fréquence d'un tel système dépend de la force électromotrice de la pile, de la valeur de la résistance montée en série avec le condensateur, de la valeur de la capacité du condensateur et des constantes de la lampe au néon, en particulier de la tension pour laquelle la décharge s'amorce et, étant amorcée, de la tension pour laquelle la décharge se désamorce.

On peut, moyennant certaines conditions, obtenir des éclats de la lampe au néon très espacés dans le temps, ou très rapprochés; on peut notamment obtenir aisément des fréquences musicales. Dans ce cas, un téléphone, monté en série dans le circuit de la lampe au néon, rend un son permettant d'apprécier la fréquence des oscillations; cette fréquence est une fonction linéaire de la capacité.

Si, au moyen d'un commutateur, on remplace rapidement un condensateur dont on connaît la valeur par un condensateur de capacité inconnue dans le montage décrit précédemment, on observe en général une variation de fréquence des oscillations qui se traduit dans le téléphone par une variation de hauteur du son rendu; il suffit d'avoir un condensateur étalon de capacité variable et de régler celui-ci de manière que l'oreille ne puisse plus déceler de variation de hauteur de son quand on fait jouer le commutateur : la capacité inconnue est alors égale à celle de l'étalon.

Ceci suppose que le condensateur à étudier est parfait; si, en particulier, la valeur de son isolement n'est pas très grande, ou tout au moins du même ordre de grandeur que celle de l'étalon, la mesure est erronée.

L'expérience montre qu'en mettant en série avec le condensateur à étudier, un condensateur dont l'isolement est excellent, la mesure n'est plus fonction de la mauvaise qualité du condensateur inconnu, tout au moins dans certaines limites. Si l'on appelle x la valeur de la capacité inconnue, C la valeur de la capacité mise en série avec la précédente et Γ la valeur de la capacité du condensateur étalon lors de l'égalité des fréquences, on a

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{x} + \frac{1}{C},$$

d'où l'on tire x.

Une étude expérimentale a montré que la valeur optimum à donner au condensateur mis en série avec le condensateur inconnu pouvait varier entre 10 et 100 fois la valeur de ce dernier. Dans ces conditions, cette méthode rend la mesure indépendante de la résistance d'isolement du condensateur

étudié tant que celle-ci n'est pas inférieure au mégohm. Au-dessous de cette valeur, la méthode donne des résultats légèrement erronés par excès.

On ne peut mesurer de capacités supérieures à quelques centièmes de microfarad; car on ne peut obtenir aisément dans ce cas des fréquences musicales. Or, la sensibilité de l'oreille à une différence de fréquence est maximum dans le voisinage de 1000 périodes par seconde : il est donc utile pour la précision de la mesure d'obtenir une fréquence voisine de cette valeur : dans la réalisation de cette méthode, un commutateur double permet de mettre en parallèle sur le condensateur étalon des condensateurs fixes connus, ce qui permet d'étendre la plage de mesures, et de faire varier simultanément la résistance en série avec la source de courant, ce qui permet de maintenir la fréquence à des valeurs pour lesquelles l'oreille présente une bonne sensibilité à une différence de fréquence.

Cette méthode donne une erreur de détermination pouvant atteindre 0,5 pour 100 pour une oreille non exercée, mais avec l'habitude elle permet d'atteindre une précision supérieure.

Certaines méthodes de mesure du débit des cours d'eau rendent une variation de capacité électrique fonction du débit; une des principales difficultés que l'on rencontre est l'isolement du système constituant le condensateur en raison de l'humidité. La méthode décrite dans cette Note, rendant la mesure pratiquement indépendante de l'isolement, pourrait être appliquée.

ONDES HERTZIENNES. — *Sur un radiomètre sensible aux ondes de Hertz.* Note de M. **G.-A. Beauvais**, présentée par M. A. Cotton.

Si l'on place sur le trajet des ondes électromagnétiques un conducteur accordé, on constate que ce conducteur parcouru par un courant en phase avec le vecteur électrique se trouve dans le champ magnétique et est entraîné dans le sens de la propagation. Il y a là une véritable pression de radiation sur le conducteur.

Voulant reprendre les expériences de Mlle Husson à ce sujet (*Comptes rendus*, 191, 1930, p. 33) sur des ondes de 18^{cm} de longueur, et ayant disposé le résonateur dans un tube très vidé, je me suis heurté à des difficultés très nombreuses provenant de l'échauffement des conducteurs, qui donne naissance à des forces radiométriques pouvant masquer complètement l'action électromagnétique. Il est logique dans ces conditions d'essayer

de tirer parti de ces phénomènes radiométriques pour réaliser un radiomètre sensible aux ondes hertziennes. L'appareil a été réalisé de la façon suivante : un équipage, analogue à celui de Mlle Husson, comprend une étroite bande découpée dans une feuille d'aluminium battu; la largeur en est de quelques millimètres et la longueur de $8^{cm},5$ de manière à former un résonateur accordé en demi-onde sur les ondes de 18^{cm}.

Cet appareil constitue ainsi, pour les ondes ultra-courtes sur lesquelles il est accordé, un détecteur sensible dont la partie conductrice est réduite au résonateur rectiligne. Il permet d'explorer le champ électromagnétique de l'onde et de déterminer la direction de la force électrique. Il a sur l'ensemble formé par un couple thermo-électrique et un galvanomètre l'avantage de ne pas modifier l'état de polarisation du champ et de ne pas introduire par les fils allant au galvanomètre de perturbations dans son intensité.

Cet appareil, placé à un mètre d'un oscillateur de Pierret (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1601), de telle sorte que la petite antenne de cet oscillateur soit verticale, a donné une déviation du spot de 8^{cm} sur une échelle placée à un mètre, ce qui correspond à une sensibilité cinquante à cent fois plus grande que celle due à l'action électromagnétique.

Il a été possible également de construire sur le même principe un autre radiomètre sensible à des ondes hertziennes de quelques mètres de longueur. Le résonateur est constitué par un fil de cuivre fin (diamètre 4/100e de millimètre, longueur 2^{m}) enroulé sur un prisme triangulaire formé de trois baguettes de quartz de 10^{cm} de long, distantes l'une de l'autre de 1^{cm} de façon à constituer un solénoïde de section triangulaire. Un mica est placé à quelques millimètres de l'une des faces du prisme et le système est suspendu dans le vide par un fil de quartz fixé à l'extrémité d'une arête.

Placé près d'un petit oscillateur accordé sur la longueur d'onde propre du solénoïde, le système se met à tourner d'un mouvement continu en tordant son fil de suspension, qu'il faudrait évidemment remplacer par un montage à pivots si l'on désirait prolonger quelque temps l'expérience.

Cette bande d'aluminium est maintenue verticale au moyen d'une fibre de quartz de quelques dixièmes de millimètre de diamètre, formant arc dont la bande d'aluminium est la corde; il a été ajouté une lamelle très mince de mica de mêmes longueur et largeur que la bande d'aluminium et rattachée au même arc par de petites tiges de fil de quartz de manière que son plan soit parallèle à la bande d'aluminium et à une distance de quelques millimètres. Le tout est suspendu par un fil de quartz très fin qui permet

au système de tourner autour d'un axe vertical ne passant pas par le résonateur, de sorte que les forces qui agissent sur celui-ci tendent à le faire tourner. Le tout est placé dans le vide et un miroir permet de suivre la rotation de l'équipage.

Si ce système reçoit des ondes électriques polarisées de telle sorte que le vecteur électrique soit vertical, la bande d'aluminium jouant le rôle d'antenne, vibrant en demi-onde, est parcourue par un courant qui l'échauffe : les molécules du gaz ultra-raréfié qui frappent cette lame plus chaude que l'enceinte quittent la lame avec plus de vitesse qu'elles ne l'ont frappée et, par suite d'un effet de recul, la repoussent. La lame resterait immobile si ses faces jouaient exactement le même rôle, mais celle qui est placée en face du mica envoie ses molécules vers le mica et le choc de celles-ci sur celui-là compense l'effet de recul qu'elles avaient exercé sur cette face de la lame. Tout se passe donc comme si une seule face de la lame (celle opposée au mica) s'était échauffée et l'on a ainsi créé un véritable radiomètre qui tend à tourner, le mica en avant.

IONISATION DES GAZ. — *Sur les propriétés des gaz ionisés en haute fréquence.* Note de M. **Antonio Rostagni**, présentée par M. A. Cotton.

Dans ces dernières années les propriétés des gaz ionisés et soumis à des champs alternatifs à haute fréquence ont fait le sujet de plusieurs travaux (¹). On s'est intéressé particulièrement à ceux de MM. H. et C. Gutton (²) d'après lesquels serait démontrée l'existence d'une force de rappel des électrons vers une configuration définie d'équilibre statistique : force capable de donner lieu à des phénomènes de résonance. Les auteurs n'ont cependant pas discuté l'origine de cette force, ni proposé aucun modèle concret. J'ai eu l'occasion de le faire au cours d'une étude expérimentale et théorique du problème. Avant de publier *in extenso* mes résultats je voudrais en exposer ici les lignes essentielles, particulièrement ce qui me semble se rattacher aux observations de MM. Gutton.

Je suis parti de la considération suivante : à cause de la mobilité très grande des électrons vis-à-vis de celle des ions positifs, la section d'un tube à décharge présente, tout autour de la région centrale à ionisation uni-

(¹) Voir pour la bibliographie : S. Benner, *Thèse*, Stockholm, 1931.
(²) *Ann. de Phys.*, 13, 1930, p. 62; 14, 1930, p. 5.

forme, une couche d'ions positifs, qui la sépare de la paroi chargée négativement. L'épaisseur de cette couche dépend de la température électronique (¹) et du nombre n des électrons contenus par centimètre cube dans la région centrale. A pression constante du gaz on peut poser $\delta = \alpha n^{-1/2}$ avec $\alpha = \text{const.}$

J'ai développé le calcul pour un condensateur plan, contenant du gaz ionisé assez raréfié pour que l'on puisse négliger les chocs entre les particules chargées. Les armatures sont perpendiculaires à l'axe Ox des abscisses pour $x = O$ et $x = D$. L'espace intérieur est divisé, en régime, en trois régions : une région centrale A, de $x = s'/2$ à $x = D - s'/2$, uniformément ionisée, contenant n électrons et n ions positifs par centimètre cube, comprise entre deux régions B, de $x = O$ à $x = s'/2$, et B' de $x = D - s'/2$ à $x = D$, contenant des ions positifs distribués selon une loi déterminée. D est égal à $s + s'$ et s' à $an^{-1/2}$.

Si entre les armatures du condensateur agit une différence de potentiel $V = V_0 e^{j\omega t}$ à très haute fréquence, les électrons seuls en suivent les variations, tandis que la distribution des ions positifs n'est pas troublée. Si l'amplitude V_0 demeure assez petite, de façon que les déplacements ξ des électrons soient petits vis-à-vis de s, s' et D, on peut admettre que les ξ soient les mêmes pour tous les électrons; et qu'il en résulte, des deux côtés de la région A, des charges, représentables par les densités superficielles $\pm \sigma = n\xi$, qui modifient le champ à l'intérieur.

Si l'on calcule le champ résultant (négligeant les effets magnétiques), on arrive pour ξ à l'équation

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} + \frac{4\pi n \varepsilon^2 s'}{m\mathrm{D}} \xi = \frac{\varepsilon}{m\mathrm{D}} \mathrm{V}$$

(où ε et m représentent la charge et la masse de l'électron) qui est bien du type

$$m \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} + 2r \frac{\partial \xi}{\partial t} + a\xi = e\mathrm{Z},$$

prévu par M. H. Gutton (avec $r = 0$). La solution, avec $s' = an^{-\frac{1}{2}}$, est

$$\xi = \frac{\varepsilon}{4\pi\varepsilon^2 a n^{\frac{1}{2}} - \omega^2 m \mathrm{D}} \mathrm{V},$$

(¹) Voir I. Langmuir, *Rapport au Congrès international de Como* (*Atti*, 1, p. 129), et aussi E. V. Appleton et E. C. Childs, *Phil. Mag.*, 10, 1930, p. 969.

d'où l'on déduit pour la pulsation de résonance

$$\omega^2 = \frac{4\pi\varepsilon^2 a n^{\frac{1}{2}}}{m \mathrm{D}} \qquad \text{où} \qquad \lambda^2 n^{\frac{1}{2}} = \text{const.}$$

Cela peut nous conduire à la relation empirique $\lambda^2 i^{\frac{3}{4}} = \text{const.}$, établie par M. Gutton, si l'on pose, en accord avec la théorie des sondes ([1]), $i = kn^y$, avec $y < 1$ (et d'une façon plus précise $y = 2/3$), au lieu de $i = kn$.

L'impédance Z résultante, par centimètre carré, du condensateur plan, peut se déterminer en écrivant l'expression du courant en fonction de n

$$\begin{aligned} \mathrm{I} &= -\frac{\partial\sigma'}{\partial t} = -\frac{1}{4\pi \mathrm{D}}\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial t} - \frac{s}{\mathrm{D}} n\varepsilon \frac{\partial\xi}{\partial t} \\ &= -\frac{j\omega}{4\pi \mathrm{D}}\mathrm{V} - \frac{j\omega n s\varepsilon^2}{\mathrm{D}\left(4\pi\varepsilon^2 a n^{\frac{1}{2}} - \omega^2 m \mathrm{D}\right)}\mathrm{V} = \left[\frac{1}{\mathrm{Z}_1} + \frac{1}{\mathrm{Z}_2}\right]\mathrm{V}, \end{aligned}$$

où $-\sigma' = -\mathrm{V}/4\pi\mathrm{D} + s/\mathrm{D}\sigma$ représente la densité de la charge sur l'armature à $x = 0$,

$$\mathrm{Z}_1 = \frac{j}{\omega c}, \qquad \mathrm{Z}_1 = \frac{j}{\frac{1}{\omega c'} - \omega \mathrm{L}'} \qquad \text{avec} \quad \mathrm{C} = \frac{1}{4\pi\mathrm{D}},$$

$$\mathrm{C}' = \frac{s}{\mathrm{D}}\frac{1}{4\pi a n^{-\frac{1}{2}}} = \frac{s}{\mathrm{D}}\frac{1}{4\pi s'}, \qquad \mathrm{L}' = \frac{m\mathrm{D}^2}{n\varepsilon^2 s} = \frac{\mathrm{D}^2}{s^2}\frac{ms}{n\varepsilon^2}.$$

Le gaz ionisé dans les conditions supposées équivaut donc à l'ensemble d'une self L' et d'une capacité C' en série, placé en dérivation sur la capacité à vide $\mathrm{C} = 1/4\pi\mathrm{D}$.

La forme de la relation entre Z et n ainsi calculée se rapproche bien de celle qui est donnée par l'expérience : pour des ionisations croissantes, à partir des valeurs plus petites que celles pour lesquelles la décharge peut s'entretenir, la capacité apparente décroît d'abord jusqu'à s'annuler et devenir négative (en un point où la self prend le dessus); puis elle redevient tout à coup positive et très grande, pour décroître ensuite. Il va sans dire que pour des ionisations très grandes les effets de la conductibilité, négligés par la théorie, vont modifier les résultats.

([1]) I. LANGMUIR, *loc. cit.*

ÉLECTRONIQUE. — *Théorie de la diffusion des neutrons, coefficient d'absorption et ionisation.* Note (¹) de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. M. de Broglie.

Nous adopterons comme potentiel du champ extérieur du neutron

$$\text{(1)} \qquad V(r) = \mathrm{e}\frac{e^{-kr}}{r},$$

qui est la forme nous paraissant le mieux convenir. Elle nous permet de faire la théorie des divers effets que produisent les neutrons en traversant la matière.

Diffusion de neutrons par un noyau lourd. — Des neutrons passant au voisinage d'atomes lourds sont déviés et, par suite de la grande différence des masses, on peut considérer l'atome comme fixe. Le calcul se conduit de la même façon que pour des particules α : on considère les neutrons comme définis initialement par une onde plane Ψ_0, d'amplitude unité, et l'onde Ψ doit satisfaire au voisinage du centre diffuseur de charge e_1 à l'équation de Schrödinger pour le potentiel $\mathrm{e}_1 V(r)$. Elle sera peu différente de Ψ_0 et l'on pose

$$\text{(2)} \qquad \Psi = \Psi_0 + \Psi_1.$$

Ψ_1 est alors l'onde diffusée. On trouve comme expression de la probabilité pour qu'un neutron soit diffusé dans un angle compris entre α et $\alpha + d\alpha$:

$$\text{(3)} \qquad P(\alpha)\,d\alpha = \frac{2\pi m_\omega^2 \mathrm{e}^4 Z^2 \sin\alpha\,d\alpha}{\left(\frac{k^2h^2}{8\pi^2} + 2m_\omega^2 v^2 \sin^2\frac{\alpha}{2}\right)^2},$$

m_ω étant la masse du neutron, v sa vitesse, e la charge de l'électron en u. e. s., $Z\mathrm{e}$ la charge du noyau diffuseur, k le coefficient de champ défini par (1).

Par intégration, on trouve pour un angle quelconque de diffusion :

$$\text{(4)} \qquad P_z = \frac{2^8\pi^5 e^4 m_\omega^2 Z^2}{k^2h^2(k^2h^2 + 16\pi^2 m_\omega^2 v^2)}.$$

Cet effet de diffusion a été observé par MM. Maurice de Broglie et Leprince-Ringuet (²).

(¹) Séance du 23 mai 1932.

(²) Maurice de Broglie et Leprince-Ringuet, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1616.

Coefficient d'absorption. — Lorsqu'un faisceau de neutrons traverse un corps lourd, le phénomène principal est la diffusion des neutrons par les noyaux. En considérant que ne fait plus partie du faisceau un neutron qui a subi une diffusion, nous sommes conduit à une loi d'absorption exponentielle. S'il y a par unité de volume N_z noyaux diffuseurs, le nombre probable de neutrons diffusés dans l'épaisseur dx est

$$-dN_\omega = N_\omega(x).N_z.P_z\,dx,$$

$N_\omega(x)$ étant la densité de neutrons après une épaisseur dx traversée, d'où comme valeur du coefficient d'absorption

$$(5)\qquad \mu = N_z P_z = \frac{2^8\pi^5 e^4 m_\omega^2 N_z Z^2}{k^2 h^2 (k^2 h^2 + 16\pi^2 m_\omega^2 v^2)},$$

formule qui a permis à Mme Irène Curie et F. Joliot d'obtenir la valeur de k en utilisant les résultats de leurs mesures d'absorption [1]. Leur calcul, qu'ils ont mis grand empressement à entreprendre, ce dont nous les remercions, a donné :

$$0,8.10^{13} < k < 1,7.10^{13},$$

On voit que le coefficient μ décroît lorsque v augmente. Si l'on fait traverser un écran à un faisceau de neutrons possédant une certaine répartition de vitesses, après traversée de l'écran il y aura eu effet de filtration, le pourcentage de neutrons rapides sera plus grand. Ce résultat théorique est en accord avec les expériences de MM. Thibaud et Dupré-la-Tour [2]. Leurs résultats permettent de préciser k. Nous trouvons $1,2.10^{13} < k < 1,6.10^{13}$ et la formule (5) donne un accord satisfaisant avec leurs mesures de μ pour Pb et Hg après un écran mince, mais après un écran de 20^{cm} il y a désaccord.

Ionisation. — Inversement on peut supposer les neutrons fixes et étudier la diffusion que produit un neutron sur des électrons. Le résultat s'obtient sans aucun calcul nouveau en remplaçant seulement dans les formules (3) et (4) m_ω par m_0 masse de l'électron et Z par -1, ce qui permet de calculer la perte d'énergie cinétique dT d'un neutron après un parcours dx au milieu d'électrons. On retrouve la formule de Massey [3]. Elle ne permet

(1) Irène Curie et F. Joliot, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 708; *Actualités scientifiques*, **32**, 1932, p. 1 et suiv.

(2) Thibaud et Dupré-la-Tour, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1647.

(3) H. S. W. Massey, *Nature*, **129**, 1932, p. 469 et 691.

toutefois pas de calculer un parcours, car pour T tendant vers zéro l'intégrale donnant le parcours est divergente.

Nombre de paires d'ions par centimètre. — Le nombre ϖ de paires d'ions formés est égal au nombre total d'électrons projetés dans toutes les directions, c'est donc

$$\varpi = N_e P_e = \frac{2^8 \pi^5 e^4 m_0^2 N_e}{k^2 h^2 (k^2 h^2 + 16 \pi^2 m_0^2 v^2)}. \tag{6}$$

Si l'on rapproche cette formule de celle du coefficient d'absorption μ donné par (5) et si l'on compare les deux effets pour un même corps, on a $n_e = NZ$, d'où, si l'on désigne par μ_0 la valeur de μ pour des vitesses faibles ($v < 10^7$ cm/sec) :

$$\varpi = \left(\frac{m_0}{m_\omega}\right)^2 \frac{\mu_0}{Z},$$

ce qui donne un nombre extrêmement faible d'ions formés et montre que le phénomène d'ionisation par les neutrons est à négliger.

Conclusion. — Notre théorie établit que la diffusion est un phénomène très important pour les neutrons, qu'il y a absorption exponentielle pour un faisceau monocinétique et effet de filtration pour un faisceau possédant une certaine répartition de vitesses, qu'à partir de l'expression du coefficient d'absorption μ on peut avec les données expérimentales calculer le coefficient de champ k, enfin que l'ionisation est négligeable.

RAYONS X. — *Anomalie d'absorption des rayons X par le plomb vers* 210 KV. Note [1] de M. **M. E. Nahmias**, présentée par M. Jean Perrin.

Ayant eu l'occasion, il y a environ six mois, de faire des essais avec une installation à haute tension, j'ai pu déterminer la variation du coefficient d'absorption μ du plomb [2] en fonction du voltage et jusqu'à 400 KV.

J'avais alors observé que, tout en présentant un caractère décroissant en fonction du voltage, μ avait une valeur anormale vers 210 KV.

La chose était assez improbable; par suite des circonstances, j'avais remis à plus tard le soin de vérifier ce phénomène. Depuis j'ai eu connaissance d'un travail identique fait en Allemagne par M. Jaeger [3]. Or, chose

(1) Séance du 23 mai 1932.

(2) Par la méthode ionométrique.

(3) *Mesures de μ du plomb pour les rayons X jusqu'à* 400 KV (*Z. f. Phys.*, 9, 1931, p. 565).

curieuse (et comme on le voit dans le tableau I), mes chiffres concernant cette anomalie sont très voisins des siens.

M. Jaeger a probablement pensé que ce phénomène était dû à quelque erreur expérimentale, car dans l'établissement du facteur

$$K = \frac{\mu.(KV)^2}{10^4} = 64,5,$$

il laisse de côté le chiffre dû à cette anomalie.

En prenant pour K la valeur indiquée, on peut calculer μ en fonction du voltage. On s'aperçoit alors que μ observé est très voisin de μ calculé jusqu'à 200 KV, mais qu'ensuite le coefficient d'absorption croît brusquement jusqu'à atteindre 1,5 fois le μ calculé pour 210 KV; après quoi il reprend des valeurs normales.

Frappé par la concordance de ces résultats et à la lumière des récents événements en physique, je juge utile de publier ce travail. En fait il serait intéressant de voir s'il n'y aurait pas dans le noyau du plomb un niveau excité, soit directement, soit par résonance, au moyen d'un rayonnement électromagnétique d'environ 210 KV.

TABLEAU I.

KV.	λ_0. Å	μ obs.	K.	μ calc.	Auteurs.
104	0,118	58	62,7	60	Jaeger
109	0,113	53	62,7	54,2	»
121	0,102	44	64,0	44	»
123	0,100	43	65,0	42,5	Nahmias
129	0,095	39	64,8	38,7	Jaeger
137	0,090	34	63,8	34,3	»
145	0,085	31,5	66,0	31,1	»
152	0,081	28,5	65,8	27,8	»
153	0,080	27,5	64,0	27,6	Nahmias
170	0,072	24,75	70,3	22,5	»
200	0,0617	**17,0**	68,0	16,1	Jaeger
204	0,0604	**19,0**	(78,2)	15,5	»
210	0,0570	**22,10**	(98,1)	14,5	Nahmias
220	0,0560	13,0	63,0	13,8	Jaeger
252 (?)	0,0489 (?)	11,7	74,0	10,2	»
300	0,0410	6,6	59	7,1	Nahmias
305	0,0404	6,7	62,5	6,85	Jaeger
352	0,0350	5,7	70,5	5,25	»
400	0,0307	3,74	60,0	4,0	Nahmias
408 (?)	0,0302 (?)	4,30	72,0	3,8	Jaeger
600 Ra Cγ	0,00205$_5$	1,5	54	1,8	Mlle Meitner

Moyenne K = 64,5.

Actuellement, des recherches sont en cours en vue de détecter le phénomène au moyen d'un spectrographe.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre de fluorescence de* I_2.
Note de M. **I. I. Agarbiceanu**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons montré que le spectre de fluorescence de I_2 en vapeur contient dans la série excitée par la raie λ 5461 d'un arc Cooper-Hewitt en verre, les termes antistokes (— 1) et (— 2). Les mêmes termes ont été obtenus par Wood et d'autres chercheurs avec la raie excitatrice élargie d'un arc en quartz. Le terme (— 1) a été interprété dans ce cas ([2]), par la présence dans l'intervalle spectral de 1,3 cm^{-1}, occupé par la raie λ 5461, des lignes d'absorption appartenant à la bande ($v'=29$, $v''=1$), dont la tête se trouve à λ 5452. Quant au terme (—2), son interprétation est impossible, tant qu'on attribue à l'ordre (o) le nombre quantique $v''=0$ puisque la bande la plus proche pour laquelle $v''\geqq 2$ se trouve à λ 5680 environ. Dans le cas d'une raie excitatrice fine (ex. arc Cooper-Hewitt en verre) les considérations [([2]) et ([3])] admises pour une raie excitatrice large ne seraient plus valables. Nous pensons que les raisonnements de de Mecke ([4]), qui rappelle aussi la découverte par Pringsheim ([5]) d'un quatrième terme antistokes (à 300° C.), sont toujours valables et qu'il faut poser au moins $v''=4$ pour la première série du spectre d'absorption de I_2.

Ces considérations semblent encore être affermies par l'examen des autres raies qui se trouvent sur le cliché dont le positif a été reproduit ailleurs ([1]).

Dans le tableau qui suit on montre comment on pourrait disposer toutes les raies du spectre considéré. On a corrigé ici plusieurs erreurs commises dans le calcul des longueurs d'onde (notamment la raie marquée ici 5693 avait été indiquée à tort comme 5683).

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1338.
([2]) F. W. Loomis, *Phys. Rev.*, 29, 1927, p. 128.
([3]) L. A. Turner, *Zeits. f. Phys.*, 65, 1930, p. 480.
([4]) R. Mecke, *Ann. der Phys.*, 71, 1923, p. 131.
([5]) P. Pringsheim, *Zeits. f. Phys.* 7, 1921, p. 206.

Ordre.	λ Å.
—2...	5343
—1...	5400
0...	5461
1...	5525
2...	manque
3...	5660
4...	5726
5...	5791

Série excitée par λ 5461.

Ordre.	λ Å.
—6...	5372
—5...	5438
—4...	5508
—3...	5574
—2...	5630
—1...	5693
0...	5770

Série excitée par λ 5770.

Ordre.	λ Å.
—6...	5418
—5...	5481
—4...	5550
—3...	5600
—2...	5660
—1...	5726
0...	5791

Série excitée par λ 5791.

Les termes antistokes (—1), (—2) et (—3) des séries excitées par 5770 et 5791 étaient connus (Wood, Warfield, Pringsheim), mais non les autres : (—4), (—5) et (—6). L'existence de ces derniers confirmerait, puisque des raies d'absorption appartenant à des bandes avec $v''=2$ se trouvent déjà dans la région des raies excitatrices, qu'il faudrait relever de 4 unités la numération des niveaux v'' de la molécule de I^2.

La faible dispersion utilisée ne permet pas l'analyse des composants de chaque terme; nous espérons pouvoir étudier ces raies avec un spectrographe plus puissant et donner en outre des mesures plus précises des longueurs d'onde.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'effet Compton de rayons γ très durs du* ThC″. Note [1] de M. **D. Skobelzyn**.

L'étude de la répartition angulaire de l'émission β secondaire accompagnant la diffusion des rayons γ par effet Compton, présente, dans le cas de

[1] Séance du 23 mai 1932.

rayons γ très durs, la méthode la plus fructueuse pour examiner le mécanisme du phénomène et pour vérifier en détail les différentes déductions théoriques concernant ce problème.

Dans le cas du rayonnement de RaB + C, j'ai réalisé (en utilisant la méthode de détente) une étude statistique dont les résultats ont été publiés en 1929-1930 ([1]).

La figure (courbe 1) fait connaître les résultats d'une nouvelle série effectuée en utilisant une source très intense de rayons γ de ThC″ qui étaient filtrés par 30^{mm} de plomb. Les 470 valeurs de δ (l'angle d'émission), mesurées à l'aide du stéréocomparateur de Pulfrich, sont représentées sur la figure. Les nombres (N) de trajets observés dans les divers intervalles sont donnés par les petits cercles. Le tableau suivant fait connaître le même matériel statistique.

Intervalles angulaires.	Nombre des électrons observés.	Nombre des électrons calculés.
0-10°	143	96
10-20	110	109
20-40	104	141
40-60	58	78
60-80	42	38
80-90	11	6

Il est particulier à la nouvelle série que les rayons employés sont beaucoup plus homogènes et beaucoup plus durs, la longueur d'onde moyenne étant environ deux fois plus courte que dans les séries précédentes.

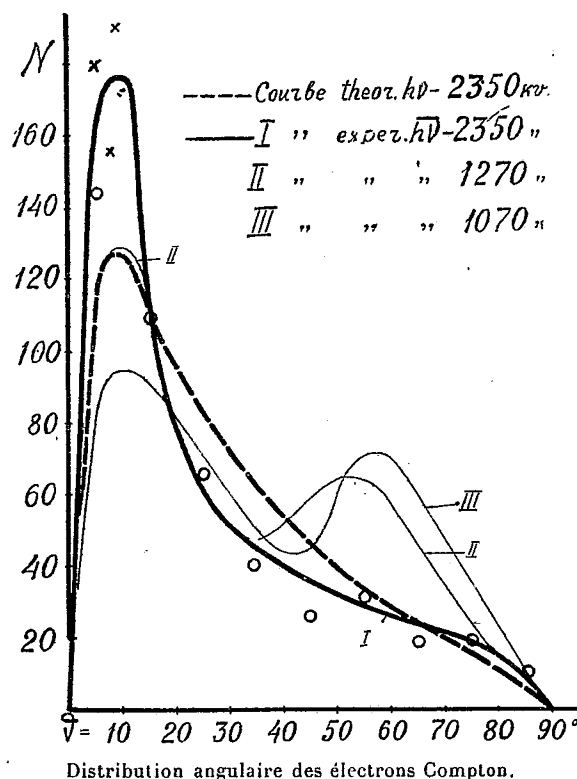
La courbe théorique pointillée, évaluée d'après la formule Klein-Nishina, en tenant compte de la composition spectrale des rayons explorés ([2]), est tracée sur la figure. Pratiquement, on n'a pas à distinguer entre cette courbe ($h\nu = 2350$ kilovolts) et la courbe relative à la fréquence dominante de 2650 kilovolts.

La comparaison de différentes séries révèle, d'une manière nette, la modification caractéristique des courbes qui résultent de variation de la

(1) D. SKOBELZYN, *Zeits. f. Phys.*, 65, 1930, p. 773; *Nature*, 123, 1929, p. 411.

(2) D'après les données publiées dans ma Note précédente (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1568), la méthode par laquelle la courbe théorique était évaluée a été commentée antérieurement.

fréquence. Les courbes II et III sont construites (¹) en tenant compte des poids statistiques trouvés antérieurement *pour les mêmes intervalles de* 10° dans le cas de $h\nu = 1270$ et 1070 KV. Il est à remarquer que dans ces deux derniers cas le choix de l'intervalle n'est pas indifférent. Les courbes II et III s'écartent sensiblement de l'allure prévue par la théorie.



Distribution angulaire des électrons Compton.

La nouvelle courbe représentant les observations pour les rayons γ de ThC″ s'accorde d'une manière assez satisfaisante avec la courbe théorique. Il est cependant à noter qu'on retrouve dans toutes les séries des écarts systématiques dans le même sens.

Les trois courbes expérimentales font apparaître le maximum caractéristique au voisinage de 8°-10° et une concentration vers la direction de rayons primaires qui devient de plus en plus prononcée quand la fréquence

(¹) Les trois courbes correspondent au même nombre total de cas.

augmente. Ce fait est en accord avec les déductions théoriques, mais le maximum expérimental est beaucoup plus aigu.

Il est certain que la divergence signalée ci-dessus ne peut être due entièrement à des erreurs de mesures. Il subsiste une complication plus ou moins importante dont la théorie ne tient pas compte dans son état actuel ([1]).

Cet état de choses est à retenir quand il s'agit de l'interprétation des anomalies récemment découvertes dans le cas de l'interaction des rayons très durs avec les atomes lourds.

RADIOACTIVITÉ. — *Dépôt électrolytique du polonium sur divers métaux.* Note de M. **M. Haïssinsky**, présentée par M. J. Perrin.

Dans une précédente Note ([2]) j'ai donné les résultats de mes expériences sur le dépôt électrolytique du polonium en milieu alcalin (NaOH de divers titres) sur l'or. J'ai indiqué que le potentiel critique du cation varie avec l'alcalinité et avec la qualité de l'or employé. Ce dernier résultat m'a conduit à mesurer les potentiels critiques du dépôt de polonium sur des métaux autres que l'or. Les conditions expérimentales sont restées les mêmes qu'avec l'or, à cela près que dans quelques mesures j'ai employé comme électrode de référence, au lieu de l'électrode normale de calomel, l'électrode Hg/HgO, NaOH N, et ceci afin de réduire au minimum les faibles erreurs des potentiels de diffusion. Dans le tableau suivant tous les potentiels sont cependant donnés par rapport à l'électrode de calomel en adoptant ([3]) pour la différence de potentiel de la chaîne Hg/HgCl, KCl N/NaOH N, HgO/Hg, à 18°C., température de mes expériences, la valeur de $0^v,149$.

([1]) L'examen plus détaillé de la répartition dans le cas de la nouvelle série, ainsi que des séries antérieures, confirme cette conclusion d'une manière définitive.

([2]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 275.

([3]) Donnan et Allmand, *Jour. Chem. Soc.*, 99, 1911, p. 845.

Métal.	Normalité de la soude.	Potentiel critique du cation de Po par rapport à Hg/Hg Cl, K Cl N.
Pt laminé	0,82	−0,20
Au pur battu	0,75	−0,23
Au pur laminé	»	−0,27
Cu »	»	−0,40
Ag »	0,72	−0,43
Sn »	»	∼ −0,65
Ni »	0,75	−0,89
Ag »	0,39	−0,39

Avec les cathodes de Pd et de Sn je n'ai pas pu, pour des raisons qui seront exposées ailleurs, obtenir des résultats précis. On peut toutefois affirmer que le potentiel critique du dépôt sur le Pd est très rapproché de celui que l'on obtient avec le Pt et que le potentiel du dépôt sur le Sn est approximativement celui qui est donné dans le tableau.

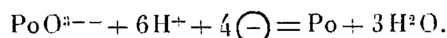
Quant au potentiel critique de l'anion, il est pour tous les métaux que j'ai employé pouvant fonctionner comme anode (Pt, Ni, Pd) identique, dans les limites des erreurs expérimentales, à celui que j'ai trouvé pour l'or : + 0ᵛ,53.

Pour le potentiel critique du cation de polonium en milieu acide, M. Joliot [1] a exprimé l'hypothèse, en se basant sur ses expériences de vitesse de dépôt (sans courant) de Po sur des lames d'Ag, Ni, Cu et Fe, qu'il est indépendant de la nature du métal. J'ai pu construire avec une cathode d'argent une courbe complète : potentiel/vitesse de dépôt, en ajoutant à la solution nitrique (0,23 N) contenant du Po une trace de $AgNO^3$. Le potentiel de l'électrode devient alors suffisamment positif pour permettre la construction de la courbe. Le potentiel critique donné par celle-ci est en effet sensiblement le même qu'avec l'or : + 0ᵛ,36.

La variation du potentiel du cation de Po en milieu alcalin avec le pH et avec la nature de la cathode est très probablement en relation avec l'intervention de l'hydrogène dans le processus de la décharge. Le polonium étant dans ce milieu très fortement, sinon complètement hydrolysé, ses ions seront, en admettant la valence 4 pour le polonium, par exemple, sous la forme PoO^{3--}. La décharge aurait alors lieu dans les voisinages

(1) *Journ. Chim. Phys.*, 27, 1930, p. 119.

immédiats de la cathode, suivant l'équation



$$PoO^{3--} + 6H^{+} + 4\ominus = Po + 3H^{2}O.$$

En d'autres termes, le polonium agirait comme dépolarisant vis-à-vis de l'hydrogène; on sait en effet que les potentiels de réduction électrolytique sont fortement influencés par la nature de la cathode (1). L'équation, combinée avec la loi de variation du potentiel en fonction de la concentration, montre que le dépôt du polonium sur la cathode s'effectue à un potentiel d'autant plus positif que la concentration des ions H^+ est plus grande, ce qui est conforme à l'expérience.

On comprend alors du même coup la constance du potentiel critique du cation en milieu acide (décharge immédiate de l'ion positif) et de l'anion en milieu alcalin (décharge de PoO^{3--}).

Je me propose de vérifier, par des essais sur la direction de migration des ions dans un champ électrique, l'hypothèse sur le signe de la charge des ions de polonium en milieu sodique.

RADIOACTIVITÉ. — *Mesures absolues des vitesses des principaux groupes de rayons* α. Note (2) de MM. **S. Rosenblum** et **G. Dupouy**, présentée par M. A. Cotton.

Les vitesses des rayons α ont fait jusqu'ici l'objet de trois mesures absolues; deux ont porté sur le groupe du Ra C′ (3), une troisième sur celui du Po (4). Nous avons repris la question par la méthode de focalisation (5) au moyen du grand électro-aimant de l'Académie des Sciences. La précision des mesures a pu être augmentée :

Pour la mesure du champ nous utilisions une bobine exploratrice en pyrex de 1cm de rayon; le diamètre était constant à 1μ près; l'enroulement

(1) La question du mécanisme intime de cette action n'est pas abordée ici; voir au sujet de réductions analogues d'ions NO^{3-}, ClO^{3-}, etc., Foerster, *Elektrochemie wässeriger Lösungen*, p. 576 et 585, Leipzig 1923, et Chilesotti, *Zts. Elektroch.*, **12**, 1906, p. 197 (ion MoO^{4--}).

(2) Séance du 23 mai 1932.

(3) E. Rutherford et Robinson, *Phil. Mag.*, **28**, 1914, p. 552; G. H. Briggs, *Proc. Roy. Soc.*, A, **118**, 1928, p. 549.

(4) I. Curie, *Comptes rendus*, **175**, 1925, p. 220.

(5) S. Rosenblum, *J. de Phys.*, **1**, 1932, p. 430.

était constitué par un fil de cuivre, dont le diamètre, mesuré sous différentes pressions, était constant à 1^{μ} près. Dans ces conditions la surface est connue à 1/10000e de sa valeur. La bobine est placée à l'intérieur de la boîte à vide dans le plan de symétrie du champ, perpendiculaire à l'axe de l'électro-aimant, son enroulement est en série avec un fluxmètre à suspension par fil de coton muni d'un miroir et dans le circuit secondaire d'une inductance mutuelle étalon du Laboratoire central d'Électricité. On retourne brusquement la bobine face pour face dans le champ et en même temps on inverse le courant dans le primaire de l'inductance. On règle le courant primaire de façon à compenser exactement la variation du flux produit dans la bobine, le fluxmètre fonctionnant comme appareil de zéro. Un déplacement du spot de 1^{mm} sur une échelle à 1^{m} correspond à une variation du champ de 1/10000e. On mesure la valeur absolue de l'intensité du courant primaire à l'aide d'un potentiomètre et d'un Ohm international.

Un ampèremètre à échelle amplifiée, construit par l'un de nous [1], permet de contrôler les variations de courant de 1/4000e. Les variations correspondantes du champ sont de 1/20000e. Nous avons vérifié d'autre part que le champ était de révolution à la précision de 1/10000e dans la région utilisée. Les valeurs du champ ont été mesurées en des points correspondants à la position de la source rayonnante. Celle-ci était placée dans chaque cas de façon que les trajectoires des faisceaux décrits par les rayons α soient de révolution par rapport à l'axe de l'électro-aimant. Par ailleurs, nous avons réussi à obtenir des images photographiques très fines (2/10e à 3/10e de millimètre). Les diamètres des trajectoires sont compris entre 26 et 36^{cm}. Les produits HR déterminés ainsi sont certainement exacts à 1/1000e près et probablement à 1/2000e.

TABLEAU I.

	Nombre de clichés.	HR.	V en 10^9 cm/sec.
Th C′	4	426930	$2,054_4$
Ra C′	2	399280	$1,921_8$
Ac C_α	1	370670	$1,784_6$
Ac C_{α_1}	1	360840	$1,737_3$
Th C_α	3	354280	$1,705_8$
Po	2	33158	$1,596_7$
Ra A	1	352700	$1,698_2$

(1) DUPOUY, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 734.

Nous indiquons dans le tableau I ci-dessus les valeurs de HR et des vitesses (V) obtenues. La correction de relativité est faite. Pour $m_0 c^2/2e$ nous admettons la valeur $6,2162 \times 10^6$.

TABLEAU II.

	HR.	V en 10^9 cm/sec.			HR.	V en 10^9 cm/sec.	Rapports des vitesses.		
	RaC'.	ThC'.	AcC.	ThC.	Po.	Po.	ThC'/RaC'.	Po/RaC'.	ThC'/ThC.
1...	398500	-	-	-	-	-	-	-	-
2...	-	-	-	-	330200	-	-	-	-
3...	399300	2,052 (7)	-	1,703	-	-	1,068	-	1,204
4...	-	2,052 (5)	-	1,708	-	1,591	1,0679	0,8277	1,2017
5...	-	2,058	1,782	1,702 ($\alpha_1 = 1,708$)	-	-	1,070 (6)	-	1,209 ($\alpha_1 = 1,205$)
6...	399280	$2,054_4$	$1,784_6$	$1,705_8$	331580	$1,596_7$	-	-	-

1. Rutherford et Robinson (1). — 2. I. Curie (*loc. cit.*). — 3. Briggs (*loc. cit.*) — 4. Laurence (1).
5. Rosenblum (2). — 6. Rosenblum-Dupouy.

Dans le tableau II nous donnons les valeurs obtenues auparavant par différents auteurs. Les résultats des mesures absolues sont donnés en HR, les autres sont calculés d'après les rapports donnés par les auteurs en admettant, dans tous les cas, pour les rayons α de RaC' $V = 1,922.10^9$ cm/sec. Dans le cas du ThC les valeurs obtenues à Bellevue correspondent à ThC_α.

La vitesse des rayons α du RaC' ($1,922.10^9$ cm/sec) reste par une heureuse coïncidence numériquement égale à celle donnée par Rutherford et Robinson. Ce nombre [3] calculé d'après une ancienne valeur de e/m pour le rayon α peut donc continuer à figurer comme nombre de base. La nouvelle topographie du champ plus précise que celle publiée auparavant [4] explique l'écart de quelques millièmes existant entre les anciennes mesures relatives [5] et les données des mesures actuelles. Un travail plus détaillé suivra.

---

(1) *Loc. cit.*, RUTHERFORD, WARD et LEWIS, *Proc. Roy. Soc.*, 131, 1931, p. 695; RUTHERFORD, CHADWICK et ELLIS, *Radiations from rad. Substances*, p. 47, LAURENCE, *Proc. Roy. Soc.*, A, 122, 1929, p. 543.

(2) ROSENBLUM, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 848, et *loc. cit.*

(3) L'écart observé entre la nouvelle valeur de HR et celle donnée par Rutherford et Robinson ne dépasse pas les limites d'erreurs admises par ces auteurs.

(4) A. COTTON et G. DUPOUY, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 544.

(5) S. ROSENBLUM, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1124.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les changements de structure des films nitrocellulosiques au cours de leur séchage.* Note de M. **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. Roux.

Les travaux de Hess, Katz et Trogus (¹) ont montré que les *fibres* de ramie nitrées au maximum sont susceptibles de se gonfler dans certains liquides organiques, tels que la cyclohexanone, l'acétone, etc.; si l'on prend les diagrammes de rayons X de ces fibres à divers états de gonflement, on constate qu'il apparaît des modifications importantes du réseau dues à l'action de l'agent de gonflement. Ces modifications sont réversibles, et disparaissent par le séchage ou l'élimination du liquide organique.

J'ai cherché à étudier par la spectrographie X s'il se produisait des phénomènes analogues dans les *films* préparés à partir de cellulose nitrée. Dans ce but, on prépare un collodion à très forte concentration, à partir de coton nitré C. P. 1 à 12,9 pour 100 d'azote, par agitation prolongée avec divers solvants (acétone, acétate d'éthyle, acétate d'amyle ou de butyle plus de l'acétone, etc.); le collodion obtenu est ensuite coulé sur des plaques de verre (²). Le film est séché à l'abri de l'humidité à 70° durant des temps variables; des diagrammes de rayons X sont pris à divers moments du séchage, à partir de 15 minutes après la coulée jusqu'à 100 heures.

Dans le cas de films provenant d'un collodion acétonique, on constate que les divers clichés présentent, suivant le temps de séchage, des différences importantes.

Le diagramme se compose d'un système d'anneaux de Debye-Scherrer indiquant une structure cristalline très nette, tout au moins pour les films dont la durée de séchage n'excède pas une quarantaine d'heures. Une série de ces anneaux (ceux qui correspondent à de petites équidistances) ne subit pas de modifications sensibles au cours du séchage; au contraire, d'autres anneaux correspondant à de grandes équidistances apparaissent au début du séchage et disparaissent ensuite progressivement.

Sans entrer ici dans le détail des interprétations, il ressort de l'étude des

(¹) *Zeit. f. Phys. Chemie*, 7, 1, 1930, p. 17 à 24.

(²) Les conditions de préparation du coton nitré et du collodion, notamment au point de vue de la concentration de ce dernier, doivent être observées avec soin pour la reproduction de ces phénomènes.

diagrammes que les films obtenus à partir de nitrocellulose à 12,9 pour 100 azote, dissoute dans l'acétone, présentent une structure cristalline qui évolue avec la durée du séchage, pour aboutir finalement à une structure identique à celle du coton nitré qui a servi de point de départ. Cette évolution consiste essentiellement *en l'apparition de réseaux ne différant entre eux que par leur plus grande équidistance, les autres distances réticulaires restant sensiblement constantes*.

Le mécanisme peut en être attribué à des contractions successives, suivant une direction, du réseau primitivement gonflé de solvant; ces contractions discontinues accompagnent le départ du solvant, chacune des formes cristallines disparaissant progressivement au profit de la suivante.

Il semble que l'on puisse attribuer ces phénomènes à la formation de composés d'addition avec le solvant; ceci a été prouvé déjà dans d'autres cas (camphre-nitrocellulose par exemple) (J.-J. Trillat, *Comptes rendus*, 20 octobre 1930, p. 654).

Il en est de même lorsqu'on utilise comme solvant l'acétate d'éthyle; mais les valeurs des diverses équidistances variables ne sont pas les mêmes, ce qui semble confirmer l'hypothèse précédente de la formation de composés d'addition. Cette spécificité d'action de ces solvants n'est d'ailleurs pas générale; j'ai montré par exemple que l'on n'observait aucune modification du réseau, au cours du séchage, lorsqu'on employait certains autres solvants ou mélanges de solvants, comme l'acétate d'amyle + acétone par exemple. Il s'agit donc d'une action caractéristique de certains milieux solvants.

Des essais ont également été effectués en gonflant le film et en l'étirant à environ 100 pour 100, puis en le séchant durant des temps variables; les diagrammes obtenus dans ces conditions permettent de mettre en évidence des phénomènes d'orientation. En particulier, on constate que les anneaux de petit diamètre caractérisant les diverses étapes du séchage proviennent d'interférences sur des plans passant sensiblement par la direction paratrope. Ces plans appartiennent donc à la zone de l'axe d'étirement; les modifications de structure du réseau seraient dues à une contraction du réseau perpendiculairement à la direction des chaînes de valence principale, ce qui s'explique bien d'après les travaux de Meyer et Mark, puisque c'est précisément suivant cette direction que les forces de liaison sont les plus faibles.

Ce résultat est à rapprocher du gonflement d'une fibre nitrée qui s'accompagne d'un élargissement du réseau, dû à une action intramicellaire

du solvant; dans le cas présent il s'agit du phénomène inverse ou « dégonflement ».

J'ai également effectué des essais de redissolution et de coulées successives du même film arrivé à divers degrés de séchage. L'évolution se fait toujours de la même façon, quelle que soit la structure du film initial, et débute toujours par l'apparition des nouvelles formes cristallines.

Enfin, si l'on part de cotons moins nitrés (11 à 12 pour 100 d'azote, par exemple), les phénomènes observés sont moins nets; en effet, la structure du film est voisine d'un état amorphe, les anneaux étant considérablement élargis. Cela provient de ce que les composés, n'étant pas nitrés au maximum, ne sont pas susceptibles de cristalliser d'une façon aussi parfaite que les composés au maximum; seuls les films ayant une constitution chimique voisine de celle de la trinitrocellulose sont susceptibles de revêtir une forme cristalline nette par suite de la saturation de tous les groupements (OH) de la cellulose.

Ces résultats permettent d'apporter des renseignements nouveaux sur le polymorphisme des composés cellulosiques déjà constaté dans de nombreux cas relatifs aux fibres.

Ils montrent la généralité de ces phénomènes que l'on peut expliquer grâce aux théories de Meyer et Mark relatives à la structure de la cellulose.

Des essais sont actuellement entrepris avec les acétylcelluloses.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Pouvoir tampon de quelques phosphates peu solubles.* Note (¹) de M. **Ch. Zinzadzé**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le pouvoir tampon des phosphates solubles (phosphates de K, Na et NH^4) a été souvent étudié, ainsi que les courbes de titrage de l'acide phosphorique par différents hydroxydes (²). Mais jusqu'à présent on n'a pas étudié le pouvoir tampon des phosphates peu solubles.

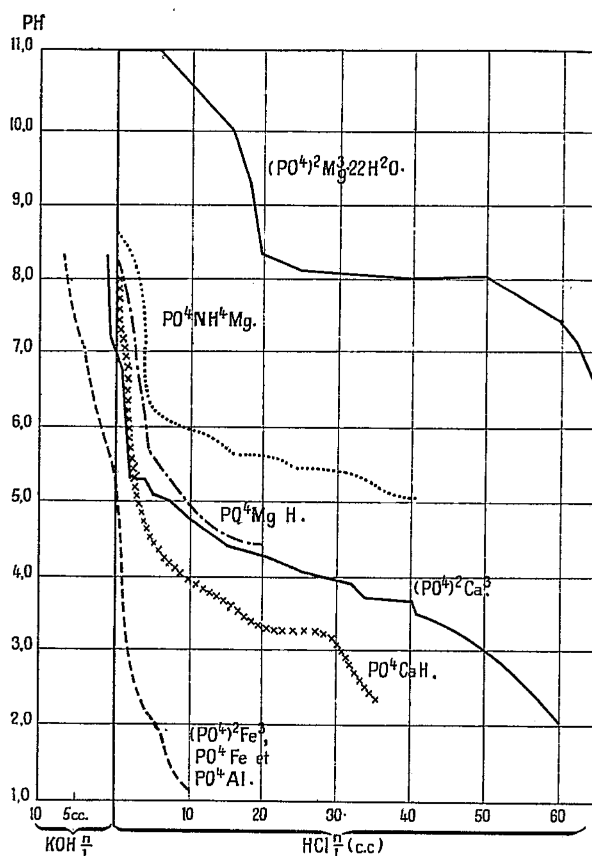
Lors de nos recherches sur les mélanges à pH stable pour la nutrition

(¹) Séance du 17 mai 1932.

(²) L. I. Simon et L. Zivy, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 136; G. L. Wendt and A. H. Clark, *Journ. Americ. Chemic. Society*, 45, 1923, p. 881; M. Domontovitch, *Journ. des Scienc. Agronom.* (Moscou, en langue russe), 2, 1925, p. 919; Sanfourche, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1225; Britton, *Hydrogen ions London*, 1, 1932. p. 163 et 374.

artificielle des plantes cultivées (¹) nous avons étudié cette question. Nous donnons ici les résultats obtenus.

Les solutions des phosphates peu solubles ont un pouvoir tampon insignifiant. Au contraire le pouvoir tampon des milieux contenant ces phosphates en dépôt dépend de la nature et de l'importance de ce dépôt. Prenons comme exemple $(PO^4)^2Mg^3.22H^2O$ que nous additionnons d'eau.



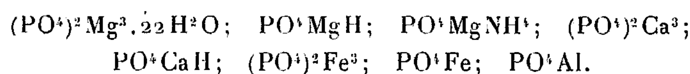
Pouvoir tampon des phosphates peu solubles.

Une quantité très faible de ce phosphate se dissout et le reste se dépose. La solution au-dessus du dépôt a une réaction alcaline. Si nous lui ajoutons peu à peu un acide dilué le dépôt se dissout et neutralise, dans une certaine

(¹) CH. ZINZADZÉ, *Recherches sur la nutrition artificielle des plantes cultivées. Nouveaux mélanges nutritifs à* pH *stable. Thèse de doctorat. L'Université de Paris*, 1, 1932, p. 55.

mesure, les ions H apportés par l'acide et le changement du pH de la solution ne sera pas proportionnel à la quantité d'acide ajouté; nous aurons donc un mélange tampon contre l'acidification.

La même explication est valable pour tous les autres phosphates peu solubles, mais leurs pouvoirs tampons ne se manifestent pas dans les mêmes zones. Pour le vérifier nous avons examiné aussi quelques autres phosphates peu solubles que nous avons préparé nous-mêmes (1) : A 4g de $(PO^4)^2Ca^3$ dans 200cm³ d'eau distillée, on a ajouté des doses croissantes d'HCl *n*/1. Après 3 jours d'agitations fréquentes on a déterminé le pH (2); on a de nouveau ajouté HCl et mesuré le pH 3 jours après, etc., jusqu'à dissolution complète du dépôt. Pour tous les autres phosphates on a opéré de la même façon, mais au lieu de prendre 4g on a pris une quantité équivalente en (P^2O^5). Les phosphates ont été étudiés :


$(PO^4)^2Mg^3.22H^2O$; PO^4MgH; PO^4MgNH^4; $(PO^4)^2Ca^3$;
PO^4CaH; $(PO^4)^2Fe^3$; PO^4Fe; PO^4Al.

Les résultats sont donnés sur le diagramme ci-dessus.

On voit que $(PO^4)^2Mg^3.22H^2O$ a une réaction initiale alcaline et que son pouvoir tampon se place dans la zone alcaline au voisinage de pH 8,0 (à pH = 6,0 il se dissout complètement). Les deux autres phosphates de Mg ont bien au début une réaction légèrement alcaline, mais leur pouvoir tampon est faible.

Avec le phosphate tricalcique, $(PO^4)^2Ca^3$, comme on le voit sur le diagramme, le pH initial est 6,8 et son pouvoir tampon se manifeste dans un intervalle de pH 4,6-5,5. Ce fait concorde assez bien avec les données de Wendt et Clark (3) qui ont étudié la neutralisation de l'acide phosphorique par l'hydroxyde de calcium. Le pouvoir tampon de PO^4CaH (de même que des phosphates de Fe et de Al) est très faible.

Le pouvoir tampon de tous ces phosphates, vis-à-vis de KOH est également presque nul.

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1498.

(2) Trois jours suffisent pour que l'équilibre soit établi entre le dépôt et le liquide. Pour la mesure des pH supérieurs à 8,0 nous avons employé la méthode colorimétrique et pour les pH inférieurs la méthode électrométrique (à la quinhydrone).

(3) *Loc. cit.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la température de la poudre sur la variation de $\int pdt$ à différentes densités de chargement.* Note [1] de MM. **H. Muraour** et **G. Aunis**, présentée par M. G. Urbain.

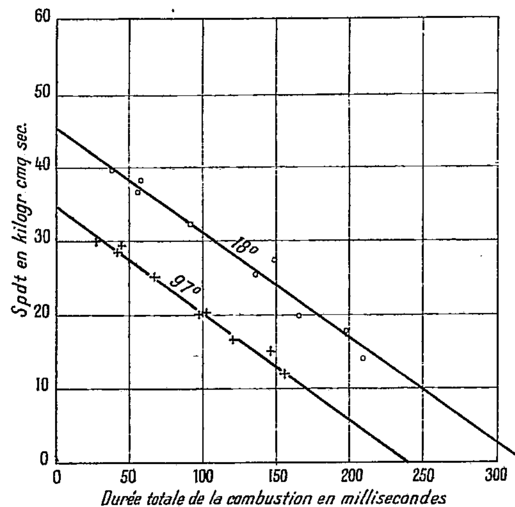
Nous avons antérieurement montré que tout se passe dans la combustion en vase clos des poudres colloïdales comme si la poudre était portée à sa température de décomposition non seulement par les chocs moléculaires (apport de chaleur proportionnel à la pression) mais aussi par un effet de pseudo-rayonnement (apport de chaleur indépendant de la pression et proportionnel au temps). La durée de combustion étant plus grande aux faibles pressions et le crusher n'enregistrant que l'effet total des chocs moléculaires, sans être influencé par l'effet de pseudo-rayonnement, il en résulte que $\int pdt$ diminue progressivement à mesure que l'on abaisse la densité de chargement.

Nous avons recherché l'influence d'un échauffement préalable de la poudre sur cette diminution de $\int pdt$. Nos tirs ont été exécutés à 18° et à 97° avec une poudre du type sans dissolvant à 9 pour 100 de centralite, le crusher étant maintenu à température constante. La poudre avait été étirée en brins cylindriques de $5^{mm},2$ de diamètre. Chauffer la poudre avant le tir revient à lui fournir d'avance une partie de la chaleur qu'elle doit recevoir pour être décomposée. On pouvait donc supposer qu'il existe, à toute densité de chargement, une différence constante ente le $\int pdt$ à 18° et le $\int pdt$ à 97°. Il n'en est rien comme le montre le tableau suivant :

Δ.	Crusher.	$\int pdt$ à 18° (kg/cm²/sec).	$\int pdt$ à 97° (kg/cm²/sec).	Différence (kg/cm²/sec).	Durée de comb. à 18° — durée de comb. à 97° (millisecondes).
0,168...	13/8	39,6	30	9,6	10
0,107...	13/8	38,1	28,5	9,5	15
0,107...	4,90	36,6	29,6	7,0	13
0,065...	13/8	32,2	25,0	7,2	24
0,038...	13/8	23,5	20,1	5,4	39
0,037...	4,90	27,4	20,2	7,2	46
0,025...	4,90	19,9	16,5	3,4	45
0,022...	4,90	17,8	14,8	3,0	51
0,017...	4,90	14,2	12,0	2,2	53

(1) Séance du 23 mai 1932.

Avec des fluctuations (inévitables pour des différences entre deux nombres qui ne peuvent être déterminées avec une grande précision) la différence entre les $\int p\,dt$ diminue progressivement. La raison de ce phénomène est fort simple, la poudre brûle naturellement, toujours plus vite à 97° qu'à 18°, mais, comme le montre la dernière colonne du tableau, la différence entre les durées totales de combustion augmente à mesure que diminue Δ. *A la diminution de $\int p\,dt$ due à l'échauffement préalable de la poudre vient donc s'opposer une augmentation ayant pour cause une durée plus courte de l'effet de pseudo-rayonnement.* Il nous faut donc composer les $\int p\,dt$ non pas à la



même densité de chargement, *mais à effet de pseudo-rayonnement égal*, c'est-à-dire pour une même durée de combustion. C'est ce que l'on peut faire sur le graphique ci-dessus sur lequel nous avons porté les différentes valeurs de $\int p\,dt$ en fonction des durées totales de combustion. *On constatera immédiatement que pour une même durée de combustion, c'est-à-dire pour un même effet de pseudo-rayonnement, il existe une différence constante de* 10,7 kg/cm²/sec *entre l'aire à* 18° *et l'aire à* 97°.

De ce graphique nous déduisons, pour la poudre tirée à 18° et pour la poudre tirée à 97°, les caractéristiques suivantes :

	A 18°.	A 97°.
Valeur de S_0 ou $\int p\,dt$ absolu (valeur théorique de $\int p\,dt$ pour un effet de pseudo-rayonnement nul)	45,1	34,4 kg/cm²/sec
Valeur de t_0 (durée théorique de combustion de la poudre sous le seul effet du pseudo-rayonnement)	320	243 millisec
Valeur de π (effet supplémentaire)	141	141 kg

Le fait d'échauffer préalablement la poudre à 97° a donc réduit :

S_0 de 45,1 à 34,4, soit dans le rapport de 100 à 76,3
t_0 de 320 à 243 » » 100 à 75,9

Les deux caractéristiques ont donc été réduites dans le même rapport, la valeur de l'effet supplémentaire π restant au contraire constante pour les deux séries d'expériences.

On doit noter que si nous adoptons l'hypothèse d'une variation linéaire de $\int p\,dt$ avec la température de la poudre et si nous admettons que la température à laquelle le $\int p\,dt$ devient nul correspond à la température de décomposition, nous déduirons de nos expériences une température de décomposition de 350°, très différente de celle (200°) déterminée au laboratoire par chauffage de la poudre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Diffusion de l'hydrogène à travers le palladium.* Note [1] de MM. **Victor Lombard** et **Charles Eichner**, présentée par M. Urbain.

La perméabilité du palladium à l'hydrogène est bien connue. Toutefois dans la littérature scientifique on ne trouve, comme données numériques, que les trois valeurs très approximatives indiquées par Graham en 1866. D'autre part, les auteurs qui ont cherché à déterminer l'influence de la pression, Winkelmann, Schmidt, Richardson, Holt, sont arrivés à des conclusions discordantes. Pour ces motifs nous avons entrepris une étude systématique du phénomène.

Dans la présente Note nous exposons les résultats de nos premiers essais qui ont été effectués avec une lame de palladium de $0^{mm},314$ *d'épaisseur*.

---

[1] Séance du 23 mai 1932.

Ces essais n'ont été, à vrai dire, que des essais d'orientation.

Nous avons fait des mesures de diffusion dans le *vide* :

1° Sous pression constante (770^{mm} Hg environ) à des températures entre 196° et 600° C. atteintes certaines par valeurs croissantes, les autres par valeurs décroissantes ;

2° A température constante (372° C.) sous des pressions comprises entre la pression atmosphérique et 40^{mm} Hg.

Comme gaz, nous avons employé presque uniquement de l'hydrogène électrolytique du commerce non purifié. Nous avons cependant fait quelques mesures avec du même hydrogène purifié et desséché.

L'appareil que nous avons employé est celui utilisé par l'un de nous pour étudier la diffusion de l'hydrogène à travers le nickel, le fer, etc. (V. Lombard, *J. Chim. Phys.*, 25, 1928, p. 502, et *Rev. Métallurgie*, 1929, p. 344).

Il comprend essentiellement deux chambres étanches aux gaz, séparées par la membrane métallique expérimentée, dont la surface utile est celle d'un disque de 0^{cm},97 de diamètre.

La plus grande chambre (15^{l} environ) contient l'hydrogène sous la pression désirée. L'autre (1^{l} environ) est maintenue aussi vide de gaz que possible au moyen de trompes Langmuir. On interrompt l'aspiration seulement pour faire les mesures. La valeur de la diffusion est déduite de l'augmentation de la pression dans la «chambre de diffusion».

Accessoirement nous avons fait une mesure en remplaçant l'hydrogène par l'azote pour vérifier l'étanchéité de la paroi diffusante et quelques mesures en recueillant l'hydrogéne diffusé à la chute d'une trompe à mercure, ce qui nous a permis de contrôler la nature du gaz diffusé.

Résultats. — Nos résultats numériques sont représentés graphiquement sur les figures 1 et 2. Les numéros inscrits à côté des points représentatifs indiquent l'ordre des déterminations.

A. La figure 1 montre que la vitesse de diffusion augmente rapidement avec la température au-dessus de 350-400° C. La courbe tracée n'indique toutefois sa variation que d'une façon très approximative : Bon nombre des points s'en écartent en effet, surtout aux basses températures.

Après examen comparatif de nos résultats numériques et des circonstances expérimentales des différentes mesures, nous avons cru pouvoir formuler ce qui suit :

a. L'état de régime, vers 278° C. (première température atteinte) est long à s'établir. (Les points 1 et 2 correspondant à des mesures faites les deuxième et troisième jours sont très au-dessous des autres.) Par contre il doit s'établir assez rapidement au-dessus de 400° C.

b. Le chauffage de la lame à température élevée en présence d'hydro-

gène semble un traitement préalable susceptible de favoriser l'établissement de l'état de régime pour les mesures aux basses températures (voir les points 4 et 5 dont les températures ont été atteintes par valeurs décroissantes à partir de 360°C.).

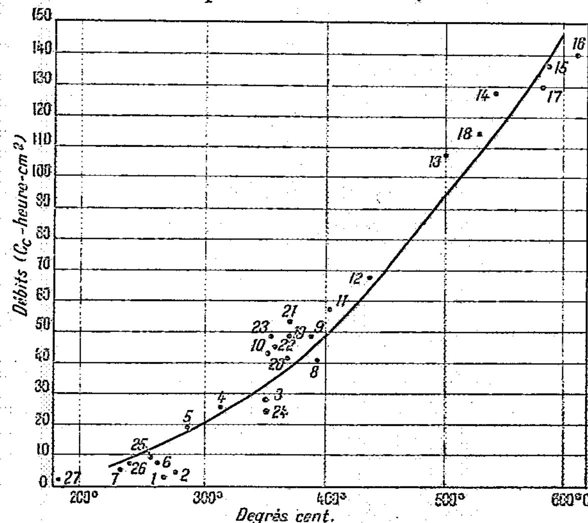


Fig. 1. — Influence de la température.

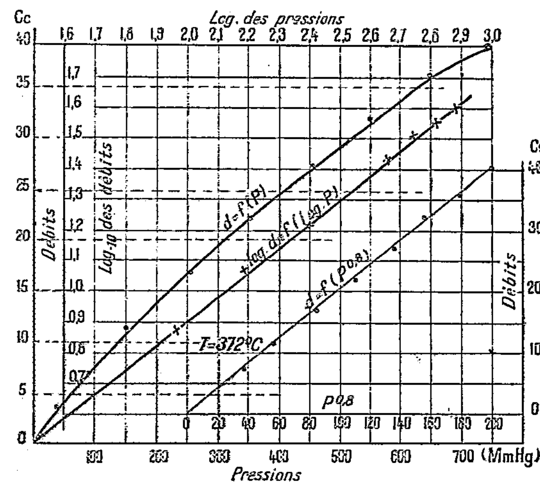


Fig. 2. — Influence de la pression.

c. Le pouvoir diffusant du palladium paraît susceptible d'altération dans certaines circonstances : Après la mesure avec l'azote (consécutive à la mesure 23), on a constaté une diminution très marquée et durable de la vitesse de diffusion (voir points 24 et suivants), telle que nous avons arrêté nos mesures plus tôt que nous ne nous l'étions proposé.

d. Indépendamment de ce qui précède, des conditions de diffusion optima restent à préciser. [A 372°C., sous la pression atmosphérique, on a trouvé trois valeurs du débit (points 19-20 et 21) dont les différences ne sont pas justifiées par le fait que pour la mesure 21 nous avons utilisé de l'hydrogène purifié.]

e. De la valeur de la diffusion trouvée avec l'azote (1/200e de celle constatée avec l'hydrogène dans les mêmes conditions) on ne peut conclure qu'à l'étanchéité de la paroi diffusante, l'augmentation de pression observée ayant pu être causée par des traces d'hydrogène abandonnées par l'appareil.

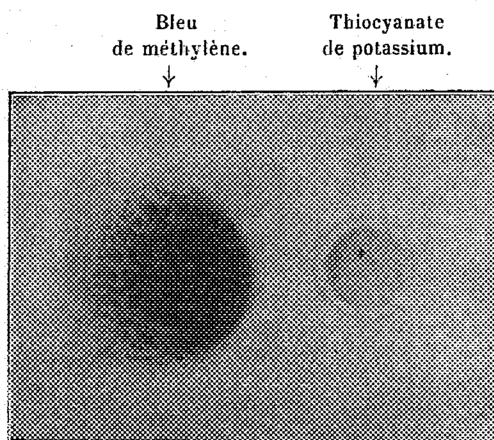
B. La figure 2 concerne l'influence de la pression. La pente de la courbe $\log d = f(\log p)$ est 0,8, ce qui conduit à la formule

$$d = \mathrm{K}p^{0,8} \qquad (\mathrm{K} = \text{const.}),$$

vérifiée d'une façon tangible par la représentation graphique de $d = f(p^{0,8})$ (autrefois Winkelmann avait indiqué $d = \mathrm{K}p^{0,7}$).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Précipitation du bleu de méthylène par divers électrolytes au sein de la gélatine.* Note de M[lle] SUZANNE VEIL, présentée par M. G. Urbain.

Le bleu de méthylène, en solution aqueuse, est susceptible de précipiter sous l'action de divers électrolytes. Notamment, la réaction est immédiate et énergique par addition, au bleu de méthylène, soit de thiocyanate de potassium ou de chlorure mercurique, conformément aux observations d'Andronikowa (1), soit encore de bichromate de potassium, conformément aux observations de MacNeal et Kilian (2).



Précipitation du bleu de méthylène par le thiocyanate de potassium.

Dans la présente recherche, les phénomènes ont été provoqués, non plus en milieu aqueux, mais au sein d'une couche de gélatine étalée sur une plaque de verre. Des expériences de plusieurs ordres ont été entreprises.

Tout d'abord, entre le bleu de méthylène et le sel considéré, on a réalisé une attaque mutuelle des auréoles respectives de diffusion. Dans ce but, sur une couche de simple gélatine, on dépose, à proximité l'une de l'autre, une goutte de chacun des réactifs. La préparation prend finalement un aspect tel que celui reproduit sur la figure.

On constate que la solution électrolytique et la solution colloïdale

(1) ANDRONIKOWA, *Koll. Z.*, 54, 1931, p. 82.
(2) MACNEAL et KILIAN, *J. Am. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 740.

n'agissent pas de manière symétrique. Le thiocyanate de potassium, dont la propre diffusion est elle-même difficile à suivre, impose à la diffusion du bleu de méthylène une sorte de violent soufflage. Les amas de précipitation, constitués autour de la goutte primitive de bleu de méthylène, et rejetés du côté opposé au thiocyanate de potassium, jouissent d'une orientation notoire. Au delà de ces amas, il peut subsister, en forme de croissant, une zone résiduelle de l'auréole du colorant, respectée par l'autre auréole, zone bleue claire peu propice à la reproduction photographique, et qui, en fait, n'apparaît pas sur la figure.

Des effets analogues, accompagnés de virages plus ou moins marqués, résultent également de l'action du chlorure mercurique ou du bichromate de potassium sur le bleu de méthylène.

Ces premières expériences ont été contrôlées par des expériences d'attaque directe.

Sur de la gélatine imprégnée d'un des trois électrolytes considérés, on dépose une goutte de solution de bleu de méthylène. On vérifie que, dans ces conditions, la diffusion du colorant est entravée, au point que toute auréole est déjà complètement supprimée pour une faible teneur de la gélatine en électrolyte.

Inversement, lorsque, sur de la gélatine imprégnée de bleu de méthyléne, on dépose une goutte de solution d'un des trois sels, on voit l'électrolyte diffuser largement et repousser à l'entour la matière colorante, qui semble en fuite devant lui. En particulier, dans le cas du bichromate de potassium, le domaine de diffusion du sel progresse, à l'intérieur de son cadre bleu sur lequel il tranche fortement, en se parsemant d'amas de précipitation. Les cristaux formés, orientés par rapport au centre de la goutte, deviennent de plus en plus gros à mesure qu'ils sont plus lointains, et vraisemblablement à mesure que la diffusion se ralentit au cours du temps.

Dans les expériences d'attaque directe, comme dans les premières, les deux réactifs en présence jouent, l'un par rapport à l'autre, des rôles nettements différents. Tandis que la solution colloïdale favorise la diffusion de la solution électrolytique, au contraire la solution électrolytique a, sur la diffusion de la solution colloïdale, une influence inhibitrice.

On remarque que la cinétique de la précipitation du bleu de méthylène par le thiocyanate de potassium, par le chlorure mercurique et par le bichromate de potassium, semble ne pas intéresser uniquement les conditions intermicellaires de la solution colloïdale. D'après les résultats ci-dessus rapportés, les processus feraient intervenir, en outre, des effets globaux,

effets manifestement distincts, d'ailleurs, de ceux relevés jusqu'ici à propos de l'attaque mutuelle, dans des circonstances similaires, de solutions toutes deux électrolytiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence exercée par un électrolyte sur la fixation des matières colorantes colloïdales par les granules d'un hydrosol.* Note de M. **Maurice Doladilhe**, présentée par M. Delépine.

I. Dans une Note antérieure ([1]), nous avons montré que la fixation d'une matière colorante colloïdale par les granules d'un hydrosol est principalement conditionnée par les signes électriques respectifs des granules de la matière colorante et des granules de l'hydrosol.

La matière colorante se fixe si ses granules sont de signe contraire à celui des granules de l'hydrosol et ne se fixe pas, s'ils sont de même signe.

Nous nous sommes proposé de rechercher l'influence qu'exerce, sur ce phénomène l'addition à l'hydrosol d'un électrolyte en quantité insuffisante pour en provoquer la floculation.

Nous avons opéré sur des sols d'hydrate ferrique (à granules positifs), de sulfure d'arsenic (à granules négatifs), et sur des suspensions de résine mastic (à granules négatifs). Nous avons utilisé les matières colorantes colloïdales suivantes, convenablement purifiées par une dialyse prolongée :

Bleu diamine	à granules négatifs.
Jaune diamine	
Violet diazol Lumière	
Bleu Victoria	à granules positifs.
Bleu de nuit	
Rouge neutre	

La fixation de la matière colorante a été suivie par la méthode spectrophotométrique dont le principe a été donné antérieurement ([2]).

Après avoir mélangé un volume v_1 de solution colorante à un volume v_2 de l'hydrosol, on complète le volume de l'ensemble à un volume total V par addition d'une solution électrolytique de concentration connue.

En faisant varier les volumes v_1 et v_2, ainsi que les concentrations des solutions électrolytiques, on peut réaliser toutes les compositions possibles des mélanges.

([1]) A. Boutaric et M. Doladilhe, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1008.
([2]) A. Boutaric et M. Doladilhe, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1089.

II. Deux cas sont à envisager suivant les signes électriques respectifs des granules colorants et des granules de l'hydrosol.

1° Si les granules colorants sont de même signe que les granules colloïdaux, la présence d'un électrolyte rend possible la fixation d'une fraction de la matière colorante par les granules de l'hydrosol.

En opérant avec une quantité fixe de matière colorante, une dose déterminée de colloïde et des concentrations de plus en plus fortes d'électrolyte, la fraction de matière colorante fixée, d'abord nulle en l'absence d'électrolyte, augmente à mesure que croît la concentration de l'électrolyte introduit, d'abord très vite, puis de moins en moins vite, et finit par atteindre une valeur sensiblement constante.

C'est ce que montrent les résultats rapportés dans le tableau I.

TABLEAU I. — *Fractions Δ de bleu diamine fixées par 0g,050 de sulfure d'arsenic colloïdal pour des concentrations moléculaires c de* ClNa.

c.	Δ.	c.	Δ.
0	0	0,0004 N	0,34
0,0001 N	0,15	0,0005 N	0,38
0,0002 N	0,22	0,0007 N	0,40
0,0003 N	0,29	0,0010 N	0,41

2° Si, au contraire, les granules de la matière colorante sont de signe opposé à celui des granules de l'hydrosol, la présence d'un électrolyte exerce une influence défavorable sur la fixation de la matière colorante.

En opérant avec une quantité fixe de matière colorante, une dose déterminée de colloïde et des concentrations de plus en plus fortes d'électrolyte, la fraction de matière colorante fixée, qui a sa plus grande valeur en l'absence d'électrolyte, diminue à mesure qu'augmente la quantité d'électrolyte introduit, suivant une loi d'allure sensiblement hyperbolique.

C'est ce que montrent les résultats rapportés dans le tableau II.

TABLEAU II.

Fractions Δ de bleu diamine fixées par 0g,060 d'hydrate ferrique colloïdal pour des concentrations moléculaires c de ClNa.

c.	Δ.	c.	Δ.
0	0,70	0,0006	0,46
0,0002	0,67	0,0007	0,45
0,0004	0,50	0,0008	0,46
0,0005	0,47	0,0010	0,45

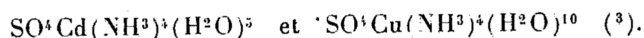
Dans tous les cas, l'action favorable ou défavorable de l'électrolyte est d'autant plus intense que l'ion de l'électrolyte dont le signe est opposé à celui des granules de l'hydrosol (ion actif vis-à-vis de la floculation), est de valence plus élevée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la décomposition en températures croissantes des complexes métalliques ammoniés et hydratés.* Note (¹) de MM. **M. Auméras** et **A. Tamisier**, transmise par M. V. Grignard.

L'un de nous (²) a montré que la méthode de déshydratation en températures régulièrement croissantes, soit par utilisation de la balance à compensation hydrostatique de Guichard, soit par une technique personnelle appropriée, était susceptible de fournir d'intéressants renseignements sur la constitution des sels simples hydratés ou des complexes métalliques contenant un seul élément volatil, l'eau.

Dans le but d'étendre le domaine d'application de la méthode, nous nous sommes proposé d'étudier les pertes de poids en températures régulièrement croissantes des complexes métalliques contenant comme éléments volatils, à la fois de l'eau et de l'ammoniac.

Nos recherches ont porté sur les sulfates de cadmium et de cuivre tétrammines hydratés. A la température ambiante les phases solides utilisées correspondaient respectivement aux formules brutes :



$$SO^4Cd(NH^3)^4(H^2O)^5 \quad \text{et} \quad SO^4Cu(NH^3)^4(H^2O)^{10} \quad (^3).$$

L'étude des variations de poids de chacun de ces sulfates, réalisée par la technique de Guichard, nous a permis de déterminer les *domaines de stabilité thermique* des différents composés obtenus par une élévation régulière de la température. L'analyse chimique fixait ensuite, dans chacune de ces zones de stabilité, la composition du solide en équilibre.

Les deux composés étudiés étaient préparés, à la température ambiante, l'un par action de l'alcool éthylique, à 90° G.-L., sur une solution ammoniacale concentrée de sulfate de cadmium, l'autre dans des conditions analogues avec le sulfate de cuivre.

(¹) Séance du 17 mai 1932.

(²) M. Auméras, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 214; *J. Chim. Phys.*, 24, 1927, p. 30; *Bull. Soc. chim.*, 51, 1932, p. 348.

(³) Nous ne faisons aucune hypothèse sur l'état initial de l'eau dans ces composés.

Les résultats trouvés sont portés sur les diagrammes suivants :

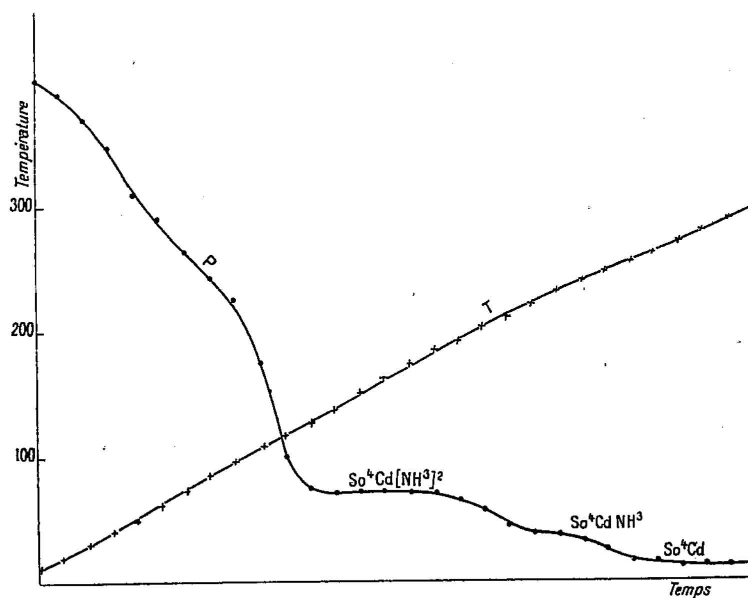


Fig. 1. — Sulfate cadmiammonique hydraté.

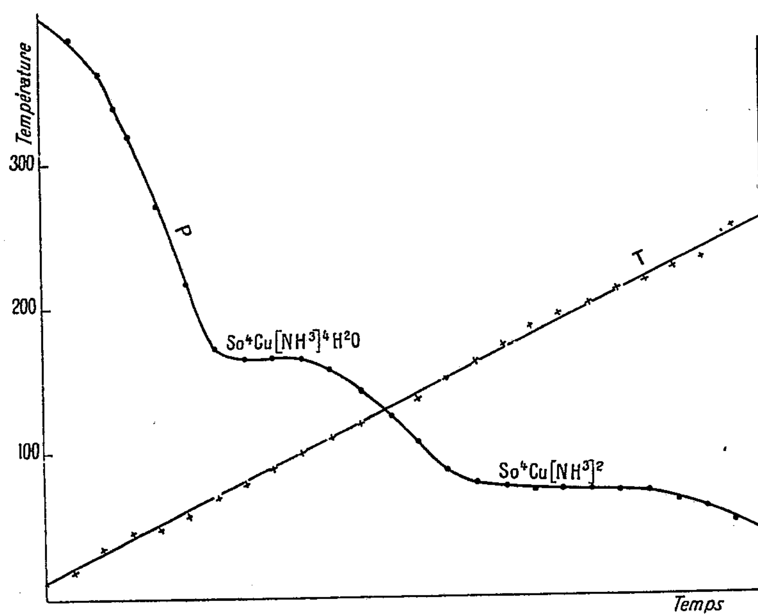


Fig. 2. — Sulfate cupritétrammonique hydraté.

Nous voyons que la méthode de Guichard, utilisée sans précautions

particulières en ce qui concerne la pression de l'ammoniac et l'humidité de l'air ambiant, conduit à l'obtention de paliers correspondant à divers composés amminés (¹).

La comparaison des deux courbes montre que les différents complexes cupriques sont thermiquement plus stables que les composés cadmiques correspondants. Ce fait est en parfait accord avec ce que l'on sait de la stabilité de ces combinaisons en solution aqueuse. On constate, en outre, que le départ de l'eau s'effectue plus facilement que celui de l'ammoniac. Ce phénomène est général dans la chimie des complexes; la mobilité de l'eau est plus grande que celle de l'ammoniac.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Emploi, dans l'analyse titrimétrique, du stannochlorure de potassium dihydraté* Note de MM. **T. Karantassis** et **L. Capatos**, présentée par M. G. Urbain.

Un grand nombre de substances ont été proposées pour titrer les solutions de permanganate de potassium ou les solutions d'iode. Malgré tous ces procédés, nous croyons pouvoir en présenter un nouveau, basé sur l'emploi du chlorostannite de potassium, qui permet de titrer aussi facilement les unes que les autres.

Préparation et propriété du sel $[SnCl^4(H^2O)^2]K^2$, *stannodiaquotétrachlorure de potassium.* — Ce produit a été préparé par Rammelsberg et étudié en outre par Marignac et par G. M. Richardson (²).

Pour l'obtenir nous avons adopté le mode opératoire suivant : on dissout $14^g,9$ de chlorure stanneux dans de l'eau distillée et l'on acidule par l'acide chlorhydrique de manière à obtenir une solution limpide. On verse dans cette solution une solution concentrée de $15^g,50$ de chlorure de potassium. On chauffe pendant quelque temps au bain-marie. Le refroidissement doit être lent, sinon il se sépare, par brusque cristallisation, le sel à 1^{mol} de H^2O.

Il se forme de beaux cristaux blancs opaques en laissant reposer la solution.

On fait cristalliser à nouveau le sel dans l'acide chlorhydrique chaud. On essore et l'on sèche sur papier filtre.

(¹) Il serait aisé de déterminer avec plus de précision les limites de ces paliers par la méthode proposée par l'un de nous (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 214).

(²) G. M. Richardson, *Amer. chem. Journ.*, 14, 1892, p. 91.

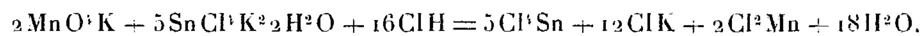
Propriétés. — Le sel obtenu est blanc, rhombique bipyramidal, il ne se dissout que lentement dans l'eau froide, mais plus rapidement dans l'acide chlorhydrique chaud.

Il n'est pas hygroscopique : $1^g,9736$ placés sur un verre de montre abandonné pendant 20 jours à l'air n'ont montré aucune variation de poids : trouvé $1^g,974$ et l'analyse a montré que la teneur en Sn n'avait pas varié.

L'eau de constitution ne commence à s'échapper que vers 100°. Pendant sa dissolution dans l'eau, ce sel s'oxyde immédiatement en présence de l'oxygène dissous dans l'eau; la solution se trouble alors rapidement par hydrolyse du sel stannique formé. Pour l'emploi analytique, on le dissoudra dans de l'eau saturée de gaz carbonique en présence d'une atmosphère de CO^2; on arrive facilement à ce résultat en ajoutant 2^g de bicarbonate de sodium à l'eau acidulée de ClH, avant d'y introduire le sel solide.

Emploi du chlorostannite pour le dosage des solutions de MnO^4K :

$0^g,1837$ de ce sel correspondent à 10^{cm^3} de la solution décinormale de MnO^4K, ceci d'après l'équation suivante :



$$2MnO^4K + 5SnCl^4K^2 2H^2O + 16ClH = 5Cl^4Sn + 12ClK + 2Cl^2Mn + 18H^2O.$$

On pèse $0^g,4$ à $0^g,5$ du sel préparé comme ci-dessus. A 200^{cm^3} d'eau distillée on ajoute 2^g de bicarbonate de sodium; on acidule par 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré. La prise d'essai est alors projetée dans le mélange. Dans la solution obtenue on verse la liqueur de MnO^4K jusqu'à coloration rose.

On a déterminé le titre d'une solution de MnO^4K comparativement avec le sel en question et avec les substances les plus fréquemment utilisées pour ce dosage.

Sel employé.	Titre de la solution de MnO^4K.
Oxalate de sodium de Sörensen	$N \times 0,10021$
Sel de Mohr pur	$N \times 0,10029$
Fil de clavecin	$N \times 0,10028$
$SnCl^4(H^2O)^2K^2$	$N \times 0,10026$

Emploi du stannochlorure pour le titrage des solutions d'iode :

$0^g,1873$ correspondent à 10^{cm^3} de solutions décinormale d'iode :



$$SnCl^4K^2.2H^2O + I^2 + 2ClH = Cl^4Sn + 2IH + 2ClH + 2H^2O.$$

A 200^{cm^3} d'eau distillée et bouillie on ajoute 2^g de bicarbonate de sodium et l'on acidule par 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré. Après addition d'empois d'amidon la prise d'essai est projetée dans le mélange, on laisse couler la solution d'iode jusqu'à coloration bleue.

Variante. — En opérant comme précédemment, dans une atmosphère d'anhydride

carbonique, on ajoute dans la solution un excès d'iode. On détermine l'excès d'iode au moyen de la solution de thiosulfate.

Les résultats comparatifs avec les divers réactifs utilisés d'ordinaire pour le titrage d'une solution d'iode décinormale sont donnés ci-dessous :

Sel employé.	Titre de la solution d'iode.
Hyposulfite de sodium	N × 0,09935
Acide arsénieux	N × 0,0995
$SnCl^4(H^2O)^2K^2$	N × 0,09931

Conclusions. — Le stannochlorure de potassium dihydraté est un sel parfaitement stable et non hygroscopique. Il peut être obtenu facilement à l'état pur et présente une composition constante. Ses propriétés en font un sel qui doit à notre avis avoir sa place parmi les substances qui permettent le titrage des solutions de MnO^4K et des solutions d'iode.

CHIMIE MINÉRALE. — *L'action de l'eau sur le phosphate dicalcique.* Note [1] de MM. **A. Sanfourche** et **Jean Henry**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Joly et Sorel [2] ont établi que l'eau, agissant sur le phosphate dicalcique à une température supérieure à 80°, le décompose en phosphates mono et tricalcique. Si ce phénomène est incontesté, il n'en est pas de même de la décomposition sous l'action de l'eau à froid : elle est niée non seulement par ces auteurs, mais encore par Schlœsing [3]; cependant Rindell [4] et Buch [5] ont mis sa réalité hors de doute.

Nous avons trouvé l'explication de ce désaccord dans l'intervention d'un faux équilibre assez remarquable, analogue à la sursaturation des solutions : la décomposition à froid n'a lieu que si elle est amorcée par la présence de phosphate tricalcique, ce qui se trouve réalisé si le sel mis en expérience est plus basique que le phosphate dicalcique.

---

(1) Séance du 23 mai 1932.

(2) Joly et Sorel, *Comptes rendus*, **118**, 1891, p. 738.

(3) Schlœsing, *Comptes rendus*, **131**, 1900, p. 214.

(4) Rindell, *Comptes rendus*, **134**, 1902, p. 112.

(5) Buch, *Z. anorg. Chem.*, **52**, 1907, p. 325.

Avec notre phosphate, qui est légèrement acide par rapport à la composition théorique, nous n'avons constaté aucune décomposition pour les doses de 0g,1; 0g,2; 0g,5; 1g; 2g; 5g et 10g en contact pendant 10 jours avec 1 litre d'eau à 20°, exempte de CO^2 et fréquemment agitée. Il y a simplement dissolution, correspondant à une solubilité moyenne de 0g,130 par litre comptée en sel anhydre; cette solution contient les ions PO^4 et Ca dans le rapport exact de PO^4CaH. Mais si l'on ajoute une trace de phosphate tricalcique, la décomposition se produit et atteint un taux indiqué, dans le tableau suivant, par le rapport moléculaire $R = PO^4/Ca$ des ions en solution :

Poids du $PO^4CaH, 2H^2O$ par litre.	Durée en heures.	PO^4CaH en sol.	$(PO^4)^2CaH^4$ en sol.	R.
g	h	g	g	
0,1	48	0,079	0	1
0,2	240	0,079	0,047	1,25
0,5	240	0,1115	0,100	1,34
1	240	0,1005	0,117	1,39
2	240	0,1135	0,102	1,37
5	240	0,1225	0,064	1,23
10	240	0,1225	0,053	1,21

On remarquera qu'à la dose de 0g,1 il n'y a pas de décomposition, en dépit de l'amorçage avec le phosphate tricalcique. Elle atteint un maximum marqué pour R voisin de 1,4, puis diminue et tend vers la valeur asymptotique $R = 1{,}21$, pour laquelle il existe en solution $1(PO^4)^2CaH^4$ pour $4PO^4CaH$.

Nous pouvons donc obtenir avec un même produit, soit la dissolution simple comme Joly, Sorel et Schlœsing, soit la décomposition comme Rindell; mais l'accord avec celui-ci est seulement qualitatif, car il trouve pour R une valeur limite de 1,6 à 1,7; Buch indique des chiffres plus variables, 1,48 à 1,71, dans des conditions opératoires à la vérité très différentes.

D'autre part, nous avons étudié cette même réaction jusqu'à 100°, avec une proportion de phosphate dicalcique constante et beaucoup plus élevée que ci-dessus : 1g,25 de sel pour 3g d'eau. Avec cette concentration, il n'y a pas de faux équilibre : la décomposition intervient toujours, même sans amorçage. Ce mélange était enfermé dans un flacon bouché séjournant un temps déterminé à température constante; ce temps écoulé, le flacon était refroidi brusquement, son contenu étendu d'eau à 0°, jeté sur filtre et lavé à l'eau exempte de CO^2 et glacée (on avait vérifié que l'eau à 0° ne fait

subir aucune décomposition au phosphate dicalcique pendant une durée égale à celle de cette manipulation). L'analyse du filtrat renseigne sur la marche de la décomposition, que nous avons évaluée cette fois d'après la proportion de phosphate dicalcique décomposé par rapport à celui mis en œuvre :

	20°.	50°.	65°.	75°.	100°.	
Après 1 heure........	–	–	–	2,40	7,02	pour 100
» 2 heures.......	–	–	3,27	2,84	7,02	»
» 6 »	–	–	–	3,06	–	»
» 16 »	–	2,23	3,27	6,68	–	»
» 24 »	1,37	2,40	3,27	6,20	–	»
» 48 »	1,55	2,40	–	–	–	»
» 120 »	1,72	–	–	–	–	»

L'équilibre est d'autant plus vite réalisé que la température est plus élevée; à 20°, il n'est peut-être pas encore atteint au bout de 120 heures. La limite de décomposition s'élève régulièrement avec la température jusqu'à 65°, puis augmente brusquement à 75°. Cette température est celle de la transformation du phosphate dicalcique hydraté en sel anhydre. L'examen microscopique confirme cette observation : jusqu'à 65°, le phosphate dicalcique se présente en longs prismes monocliniques (brushite), et à 100° en cristaux plus petits, du système triclinique (monetite), que l'analyse montre exempts d'eau de cristallisation. A 75°, on observe un mélange de ces deux formes.

Cela explique la discontinuité correspondant à cette température de transformation.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouveau bleu conjugué de molybdène (le bleu boro-molybdique)*. Note de MM. **P. Cristol** et **J. Cayla**, présentée par M. A. Desgrez.

En 1920, G. Denigès ([1]) découvrit deux bleus conjugués du molybdène qu'il appela phospho et arsénio conjugué céruléo-molybdique. Il les obtint cristallisés et en établit la formule de constitution (1927) ([2]). Il définit

---

([1]) G. Denigès, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 382.

([2]) G. Denigès, *Deux nouveaux composés du molybdène — le phospho et l'arsénio-conjugués céruléo-molybdiques* (*Bull. Soc. Pharmac. de Bordeaux*, 65, III, 1927, p. 107-118).

aussi chimiquement le bleu phospho-molybdique par le terme phospho-molybdate de molybdényle, montrant, par cette dénomination, que ce bleu dérive de l'acide phospho-molybdique.

Il était donc logique de penser que les corps donnant des complexes acides avec le molybdène (et pouvant fournir des acides oxygénés du type ortho et méta) sont, de même, capables de donner des conjugués bleus en dérivant. Un premier exemple est celni du bore dont le complexe (bleu boro-molybdique, selon la terminologie de G. Denigès) peut être facilement préparé.

Préparation. — *a.* Un borate de sodium, en solution même de faible titre (à partir de 1^g pour 1000), mis en présence du réactif sulfomolybdique de Denigès et de chlorure stanneux, donne naissance, à froid et immédiatement, à un composé qui confère une belle coloration bleue au milieu. A chaud, on peut obtenir la formation du même bleu, en se servant de cuivre ou d'aluminium comme réducteurs.

b. Par un procédé analogue à celui que Copeaux utilise pour obtenir un complexe formé d'acide phospho-molybdique et d'éther, nous avons encore réussi à préparer le bleu boro-molybdique. Ce mélange de borate de sodium d'un acide minéral (H^2SO^4, HCl), d'un molybdate alcalin et d'éther, exposé à la lumière solaire et agité de temps en temps, a donné un beau colorant bleu.

Propriétés. — Ces bleus, obtenus par l'action du bore sur le molybdène, ont des caractères qui les distinguent des autres bleus de molybdène. Ils ont des caractères communs qui permettent de les identifier.

1° Passage de la solution aqueuse en solution éthérée, quand l'acidité du milieu correspond à une concentration de 10 pour 100 (environ) en volume de H^2SO^4.

2° Ils contiennent du bore (obtention de borate de méthyle, avec coloration verte de la flamme); nous nous en sommes assurés après purification soignée des bleus obtenus.

Purification. — On réussit facilement à purifier le bleu obtenu en utilisant son coefficient de partage éther-eau. A la solution aqueuse on ajoute de l'acide sulfurique jusqu'à la concentration de 10 pour 100 (environ) en volume. On agite la solution aqueuse acide du bleu avec un volume d'éther double du volume aqueux. Tout le bleu passe en solution éthérée. L'eau distillée reprend le bleu à cette solution. Un volume d'eau distillée suffit pour enlever en totalité le colorant, en solution saturée dans cinq volumes

d'éther. Après plusieurs passages eau-éther et éther-eau, on obtient une solution aqueuse pure de bleu boro-molybdique.

Stabilité. — Le bleu boro-molybdique n'est stable qu'en présence d'un excès de borate de sodium; sa conservation, dans ces conditions, est de très longue durée. Dès que le bleu a été purifié par le procédé indiqué ci-dessus, il devient remarquablement instable. Comme il existe toute une gamme d'oxydations entre le bleu franc et le jaune, il est difficile d'effectuer des dosages qui, portant sur des mélanges de produits à divers états d'oxydation, n'ont pas une précision suffisante pour l'établissement de la formule de constitution. Au maximum d'oxydation, on a un composé coloré en jaune; à un degré d'oxydation moindre, un composé coloré en vert émeraude et, enfin, un composé bleu. Par une hydrogénation poussée, on obtient un composé rose violacé. On passe facilement du jaune au bleu par action d'aluminium en milieu sulfurique et du bleu au jaune par oxydation permanganique. Nous étudions la formule de constitution de ces divers composés.

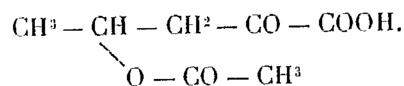
La chaleur est sans action sur le bleu boro-molybdique.

Forme cristalline. — La solution aqueuse purifiée du bleu boro-molybdique laisse déposer des cristaux rhomboédriques, qui, au microscope, apparaissent de forme hexagonale.

Le silicium, le vanadium et d'autres éléments peuvent donner naissance, comme le bore, à de nouveaux complexes à base de bleu de molybdène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation de l'acide pyruvique avec les aldéhydes.* Note de M. **Albert Kirrmann**, présentée par M. G. Urbain.

Wohl et Maag (1) avaient observé la formation d'un produit de condensation par l'acide pyruvique, l'acétaldéhyde et l'anhydride acétique et lui ont attribué la forme suivante :



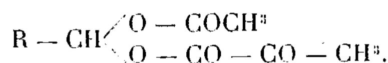
Ayant repris ces expériences, j'ai montré (2) que la réaction pouvait

(1) Wohl et Maag, *Ber. chem. Ges.*, 43, 1910, p. 3292.

(2) Kirrmann, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 750.

s'étendre aux homologues de l'aldéhyde, et j'ai indiqué quelques propriétés des corps formés en adoptant la formule des auteurs cités.

De nouvelles expériences ont prouvé que cette formule n'était pas justifiée. Les propriétés de ces corps sont beaucoup plus compatibles avec la structure d'un acéto-pyruvate d'aldéhyde :



$$R - CH \begin{matrix} \diagup O - COCH^3 \\ \diagdown O - CO - CO - CH^3. \end{matrix}$$

Ainsi il n'y aurait création d'aucune nouvelle liaison carbonique, seules les liaisons de l'oxygène interviendraient dans la réaction. Il ne semble pas que de pareils éthers-sels mixtes d'aldéhydes aient déjà été décrits.

Voici quels sont les arguments :

1° La scission de la molécule en aldéhyde et acides par action de l'eau et de différents réactifs est d'une facilité surprenante. Pour voir si elle est totale, j'ai étudié la conductibilité électrique en fonction du temps des solutions aqueuses diluées. On peut ainsi suivre l'hydrolyse en l'absence de tout corps étranger. Elle est effectivement très rapide au début et complète au bout de peu de jours à 25°. Ces expériences seront décrites ultérieurement.

2° S'il s'était formé une nouvelle chaîne carbonique, elle devrait pouvoir se déceler par oxydation. Comme dans d'autres acides α-cétoniques, on s'attend à la coupure du premier atome de carbone. Il se formerait alors l'acétate d'un acide β-alcool. Ces corps sont connus. Les oxydants habituels en présence d'eau produisant la scission, j'ai essayé l'action du permanganate en solution acétonique. L'échec a été complet. Pour éviter l'eau encore plus sûrement, j'ai pris comme solvant l'anhydride acétique, qui dissout bien le permanganate. Là encore, il a été impossibie d'isoler autre chose qu'une partie du corps inaltéré.

3° La formule de Wohl fait prévoir la possibilité de réaliser la même synthèse avec un éther pyruvique. La nouvelle formule, par contre, nécessite l'intervention d'une fonction acide libre. L'essai de réaction effectué avec le pyruvate d'éthyle a donné un résultat négatif.

4° La recherche quantitative de l'hydrogène actif par la méthode de Zerewitinow devait déceler *un* atome pour une molécule. Or l'expérience a donné des résultats sinon nuls, du moins très faibles (0,05 à 0,07 atome par molécule). L'absence de fonction acide est ainsi nettement démontrée.

Ces expériences ont été faites en partie avec un homologue non encore

décrit, dérivé de l'aldéhyde propionique. Voici ses constantes :

$Eb^{16} = 108$-$109°$; $d_4^{19} = 1,1223$; $n_D^{19} = 1,4231$. Semicarbazone : $F = 168°$.

Tous les homologues donnent facilement des *p*-nitrophénylhydrazones cristallisées, dont voici les points de fusion :

dérivé éthylique : 195°; propylique : 199°; butylique : 177°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de la mannite racémique.* Note de MM. **Lespieau** et **Wiemann**, présentée par M. Matignon.

La synthèse des hexoses aldéhydiques d'Emil Fischer a pour point de départ la mannite racémique. Pour obtenir celle-ci synthétiquement il a suivi deux voies aboutissant toutes deux à une osazone α qu'il faut hydrolyser, ce qui donne un corps $C^6H^{10}O^6$ lequel devra ensuite être hydrogéné. Quant à l'osazone α on y arrive avec des rendements qui sont de l'ordre de 1,6 pour 100 quand on prend comme point de départ l'acroléine, première méthode, de 1 pour 100 quand on part de la glycérine, seconde méthode. Le travail à effectuer est considérable, et il est peu rénumérateur.

De plus le mécanisme de certaines des réactions utilisées est obscur. Ainsi nous connaissons de nombreux exemples de condensation d'aldéhydes avec elles-mêmes, mais aucun d'eux ne nous aurait amenés à penser que le dibromure d'acroléine saponifié par la baryte se condenserait en donnant un corps α cétonique linéaire.

Nous avons cherché à obtenir une hexite moins péniblement et avec plus de clarté. Nous y sommes arrivés de la façon suivante.

On part de l'acroléine, on en fait du divinylglycol par la méthode de Griner, laquelle nous a donné un rendement de 45 pour 100, puis on fixe quatre oxhydriles sur ce glycol en utilisant pour cela le chlorate d'argent en présence d'acide osmique; 100^g de divinylglycol ont été versés dans $1^l,8$ d'eau contenant $1^g,25$ d'acide osmique et 117^g de chlorate d'argent; le tout a été agité ensuite pendant une douzaine d'heures. Il est apparu bientôt du chlorure d'argent et l'augmentation de celui-ci a permis de suivre la réaction. Au bout d'une dizaine d'heures celle-ci a paru finie, on a cependant attendu encore deux jours avant de filtrer. Le filtrat a été extrait avec du benzène pour éloigner l'acide osmique, puis on l'a concentré dans le vide de la trompe à eau, en le maintenant dans un bain-marie à 60°; intentionnellement on n'a pas poussé la concentration trop loin.

Le résidu a été additionné de son volume d'alcool a trois reprises, il s'est alors dissous; on l'a passé au noir animal, filtré et laissé à lui-même. On a vu se déposer lentement des cristaux sur le fond et les bords du cristallisoir, et l'on a récolté ceux-ci de temps en temps par filtration. Ils restent imprégnés d'un liquide visqueux, mais celui-ci se dissout quand on ajoute un peu d'alcool.

Les cristaux ainsi obtenus ont été recristallisés dans l'alcool, ils ont alors fondu à 168°; ils sont très solubles dans l'eau et peu dans l'alcool. L'analyse leur assigne la formule $C^6H^{14}O^6$; on y a trouvé en effet en pour 100 C 39,31 et H 7,63, les nombres théoriques étant 39,56 et 7,69. Le point de fusion 168° est celui que Emil Fischer a indiqué pour la mannite racémique. De plus nous avons pu faire avec notre hexite un acétal de l'aldéhyde benzoïque qui fond à 192°, la tribenzalmannite racémique obtenue par Fischer est donnée par lui comme fondant à 192°. Il y a donc tout lieu de penser que c'est la mannite que nous avons synthétisée, car il est peu probable que les propriétés de l'hexite encore inconnue soient aussi voisines de celles de la mannite racémique.

Nous ne pouvons pas encore indiquer le rendement de notre opération, parce qu'il continue à se déposer des cristaux, et toujours très lentement, mais nous avons déjà dépassé les rendement d'Emil Fischer.

Le résultat d'une opération, conduite à peu près de la même façon, soumis à un mode d'extraction différent, nous a permis d'obtenir aussi un autre corps cristallisé beaucoup plus soluble dans l'alcool.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la décomposition des carbures hydroaromatiques*. Note de MM. **Mailhe**, **Marty** et **Gaudry**, présentée par M. C. Matignon.

La décomposition du cyclohexane a été étudiée par D.T. Jones [1]. Ce carbure, en présence de porcelaine poreuse, formerait, vers 500°, de la benzine et des oléfines. Il se produirait d'abord du cyclohexène qui se détruirait ensuite partiellement en benzène et hydrogène, butadiène et éthylène.

Nous avons examiné comment se comportait le cyclohexane et le cyclohexène purs en présence de silicagel chauffé à diverses températures.

---

[1] *Chem. Soc.*, 107, 1915, p. 1582.

Le cyclohexane présente les caractères suivants : ébullition 81°,5, densité à 15° = 0,7868, indice de réfraction $n_D 20 = 1,4263$.

Ses vapeurs sont dirigées sur une traînée de silicagel (30^g répartis sur 55^{cm} de long), placé dans un tube de silice chauffé dans un four électrique. Les produits formés sont condensés à la sortie du tube à catalyse et les gaz dessessenciés sur du charbon activé ont été analysés. Dans chaque expérience, le cyclohexane passait sur le catalyseur à la vitesse de 60^{cm} à l'heure.

Entre 500 et 550°, on ne trouve aucune décomposition appréciable. A 600°, on constate un léger dégagement d'hydrogène et le liquide catalysé présente un indice d'iode très net et renferme des traces de benzine. Il faut atteindre 650° pour avoir une décomposition très nette du cyclohexane. Sur 200$^{cm^3}$ traités, on recueille 103$^{cm^3}$ de liquide catalysé et 28 litres de gaz. Ce dernier renferme 41 pour 100 de carbures éthyléniques (éthylène, propylène dominant, butylène, pentène); 14 pour 100 d'hydrogène et 32 pour 100 de carbures forméniques où domine le méthane.

Dans le liquide condensé, on trouve des carbures éthyléniques à chaîne longue, ainsi qu'une assez forte proportion de benzine due à la déshydrogénation du cyclohexane.

Si l'on atteint la température de 700°, la décomposition du cyclohexane est très avancée. Sur 200$^{cm^3}$, on recueille 71 litres de gaz et 80$^{cm^3}$ de liquide. Le gaz contient une plus forte proportion d'hydrogène que dans l'expérience précédente. Les carbures éthyléniques et forméniques sont de même nature.

Le fractionnement du liquide a donné des portions qui présentent des densités et des indices de réfraction supérieurs à ceux du produit primitif.

Tout le liquide passe presque entièrement de 75° à 100° et est constitué surtout par de la benzine accompagnée d'une certaine quantité assez faible de carbures éthyléniques. On décèle la naphtaline dans les fractions élevées.

A 750°, la transformation du cyclohexane donne seulement 32^g de liquide dont le fractionnement fournit les portions suivantes :

Températures.	Volumes.	D_{15}.	n_D^{20}.	Indice d'iode.
°	cm³			
< 75	11	0,8073	1,4610	170
75-80	12	0,8398	1,4737	88
80-85	19	0,8526	1,4783	59
85-90	14	0,8612	1,4822	40
90-95	12	0,8653	1,4863	35
95-100	7	0,8704	1,4906	35
100-120	10	0,8780	1,4980	53
120-150	7	0,8922	1,5130	99
150-200	5	0,9341	1,5445	157

Les densités et indices de réfraction des diverses fractions indiquent la présence de fortes quantités de carbures aromatiques. On trouve une grande proportion de benzine, du toluène et, dans les résidus de distillation, la naphtaline et l'anthracène. Les fractions de tête sont accompagnées de carbures éthyléniques.

A cette température, il s'est produit nettement trois réactions : déshydrogénation du cyclohexane, rupture de la chaîne cyclique qui a donné des carbures éthyléniques allant jusqu'à l'éthylène, pyrogénation d'une partie de ces carbures éthyléniques conduisant à de la benzine, du toluène, de la naphtaline et de l'anthracène.

La décomposition du cyclohexène sur silicagel conduit à des résultats sensiblement analogues. Ce carbure, qui présente les constantes suivantes: $D_{15} = 0{,}8164$, $n_D^{20} = 1{,}4493$, indice d'iode : 296 (théorie 310), subit déjà une légère désagrégation à 550°. A 600°, on obtient un gaz assez abondant renfermant 60 pour 100 de carbures éthyléniques où domine le propylène, et le liquide contient une portion importante de benzine due à la déshydrogénation du cyclohexène.

A 650°, la proportion de carbures éthyléniques gazeux diminue ; l'hydrogène et le méthane augmentent. La benzine se forme en quantité importante.

A 700°, s'introduisent le toluène, la naphtaline et l'anthracène, qui deviennent plus importants, tandis que les carbures éthyléniques diminuent fortement. Ceux-ci sont également bien moins abondants dans les gaz, tandis que le méthane et l'hydrogène sont en plus forte proportion.

Ces divers résultats montrent qu'en présence de silicagel, le cyclohexane est un peu plus stable que le cyclohexène.

Entre 550° et 700°, tous les deux donnent de la benzine, avec rupture partielle du noyau, ce qui fournit des carbures éthyléniques à chaîne longue. Puis après 700°, une nouvelle réaction s'introduit, c'est la condensation partielle de ces carbures éthyléniques qui conduit à la formation de carbures aromatiques et polycycliques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Chromatabilité des colorants azoïques issus des hydroxyquinoléines*. Note de MM. **Ch. Courtót** et **H. Hartman**, présentée par M. Delépine.

Les curieuses propriétés tinctoriales de la 8-hydroxyquinoléine elle-même ont été depuis longtemps mises en évidence par MM. Noelting et

Trautmann (¹). Cette molécule teint le coton mordancé en alumine en jaune intense ; le coton mordancé, en fer en gris foncé. Bargellini et Bellucci (²) ont établi que seule, parmi les sept hydroxyquinoléines, la 8-hydroxy possédait de telles qualités.

Quant aux colorants azoïques dérivés de la 8-hydroxyquinoléine, ils ont manifesté également des propriétés spéciales, puisque Haugwitz (³) a reconnu leur chromatabilité, soit sur laine chromée préalablement, soit sur laine traitée par le dichromate de potassium postérieurement à la teinture, phénomènes non prévus par les lois fondamentales actuelles relatives à la chromatabilité.

Il était intéressant de rechercher si dans la classe des colorants azoïques issus des autres hydroxyquinoléines, on retrouverait de semblables propriétés.

I. Considérons d'abord le groupe hydroxyle, dans la quinoléine, en positions successives 5, 6, 7 et 8, c'est-à-dire dans le noyau purement carboné. Suivant la méthode générale, nous avons préparé les colorants dérivés de ces quatre quinoléinols, pris comme copulants, avec les diazoïques de l'acide sulfanilique, de l'acide métanilique, de l'acide naphtionique, du 1-amino-5-sulfonaphtalène, du 1-amino-8-sulfonaphtalène, de l'amino G, de l'amino R, et enfin de l'acide anthranilique.

Les teintures ont été exécutées sur laine préalablement chromée. Ce procédé a l'avantage de ne pas oxyder le colorant alors que celui-ci traité sur fibre par le bichromate de potassium en milieu sulfurique peut être partiellement détruit, d'où variation de nuance qui laisse supposer la formation d'une laque.

Les colorants de la 5-hydroxyquinoléine présentent le phénomène de chromatabilité, comme les colorants préparés avec la 8-hydroxyquinoléine. Au contraire, les colorants des 6 et 7-hydroxyquinoléines ne sont pas chromatables.

L'effet bathochrome du groupe hydroxyle en 5 est plus faible que lorsque l'OH est en 8. Les nuances varient du jaune au rouge orangé, avec, dans quelques cas, des touches de brun. Les colorants de la 6-hydroxyquinoléine sont généralement plus brillants que ceux de la 7. Nous avons observé dans

(¹) *Ber. der deuts. Chem. Gesell.*, 23, 1890, p. 3654.

(²) *Gazetta chimica italiana*, 33, 1923, p. 606.

(³) Brevet allemand n° 355334 Friedländer (*Fortschritte der Teerfarbenfabrikation*, 14, p. 978).

toutes les séries de colorants, quelle que soit l'hydroxyquinoléine mise en œuvre, la chromatabilité de l'azoïque : acide anthranilique-quinoléinol. Ceci tient à la présence, en position ortho par rapport au groupe azoïque et de part et d'autre de ce groupe, d'un hydroxyle et d'un carboxyle ([1]).

II. Envisageons maintenant le groupe hydroxyle dans le noyau azoté de la quinoléine. Noelting a déjà signalé incidemment que la 2-hydroxyquinoléine ne copulait pas ([2]). Nous avons voulu vérifier cette donnée en employant un diazo fort préparé selon la méthode de Misslin ([3]). En fait, avec le diazo de la trinitraniline 2.4.6, le résultat fut encore négatif.

La 3-hydroxyquinoléine copule et vraisemblablement en position 4. Nous avons préparé les huit colorants dérivés des composés diazoïques susnommés, mais la chromatabilité n'existe pas dans ce groupe, sauf en ce qui concerne le colorant préparé avec l'acide anthranilique. Il est à noter cependant que le groupe OH dans cette position possède le pouvoir bathochrome le plus marqué sur laine non mordancée. Autre particularité : le colorant issu de la 1-amino-8-sulfo-naphtaline est jaune en milieu basique et violet en solution acide. La zone sensible de cet indicateur est très étroite, comprise entre $pH = 4,8$ et $pH = 5,6$. Cela paraît devoir être un excellent indicateur en lumière artificielle.

La 4-hydroxyquinoléine ne copule ni avec les diazo faibles (aniline), ni avec les diazo forts (trinitraniline 2.4.6), quelle que soit la nature du milieu. Ici, l'atome d'azote imprime donc un caractère tout spécial à la molécule puisque dans la série naphtalénique, par exemple, lorsque dans l'α-naphtol existe un substituant en 4, la copulation s'oriente en ortho (acide Neville-Winther) ([4]).

Nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Tous les quinoléinols ayant le groupe hydroxyle dans le noyau benzénique copulent. Parmi les hydroxyquinoléines ayant le groupe OH dans le noyau hétérogène, seul le 3-quinoléinol copule. L'effet bathochrome est

---

([1]) La nature du quinoléinol n'entre pas en jeu dans ce cas. Nous avons vérifié en effet que les colorants : acide anthranilique copulé tant sur β-naphtol que sur sel Schaeffer, sel R ou sel G, sont également chromatables.

([2]) *Ber. der. deuts. Gesell.*, **23**, 1890, p. 3661.

([3]) *Helvetica Chimica Acta*, 3, 1920, p. 626.

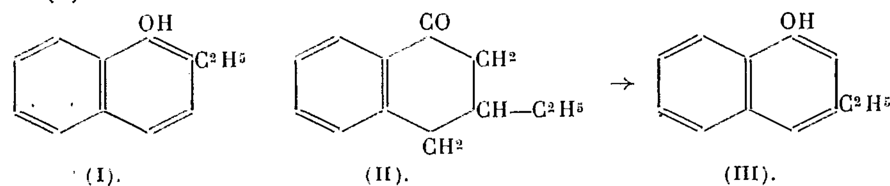
([4]) Alors que ni la 2-, ni la 4-hydroxyquinoléine ne copulent, la 2.4-dihydroxyquinoléine donne régulièrement des colorants azoïques. Brevet allemand n° **165327** Friedländer (*Fortschritte der Teerfarbenfabrikation*, **8**, p. 718).

d'autant plus puissant que le groupe OH est plus voisin de l'atome d'azote. Ce sont les 3- et 8-hydroxyquinoléines qui donnent les colorants les plus intenses.

2° Des cinq séries de colorants azoïques possibles avec les sept hydroxyquinoléines, deux séries sont chromatables : celles issues des quinoléinols ayant le groupe hydroxyle en position α dans le noyau hydrocarboné.

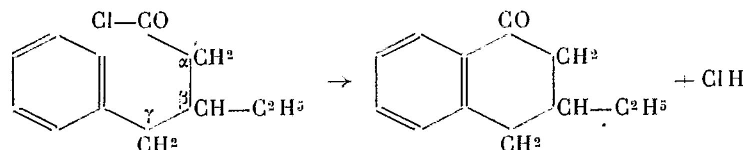
CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation d'un nouvel éthylnaphtol.* Note de M. **Georges Lévy**, présentée par M. A. Béhal.

Dans une Note récente, j'ai indiqué la préparation d'un naphtol de formule (I)



obtenu, à partir de la tétralone correspondante, par application d'une méthode donnée par M. G. Darzens et moi ([1]). Je décris aujourd'hui un éthylnaphtol, de formule (III), isomère du précédent, obtenu à partir de la tétralone (II).

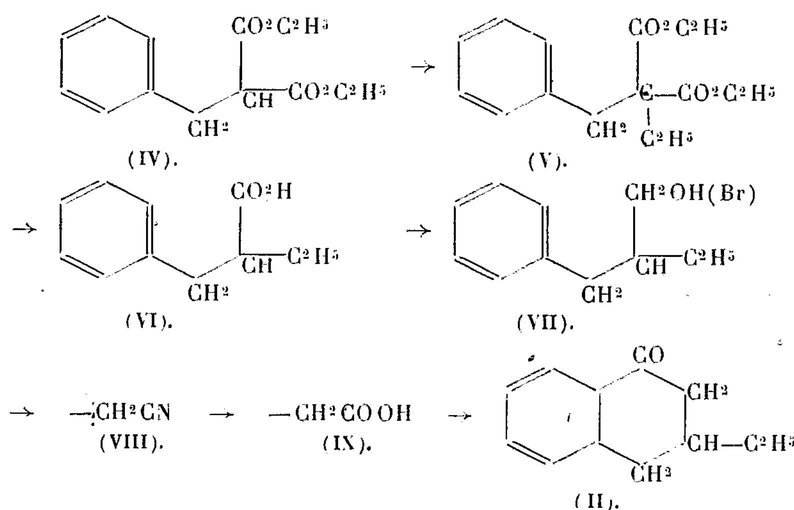
La tétralone (II) a été obtenue par cyclisation du chlorure de l'acide β-éthyl-γ-phénylbutyrique suivant la réaction



Elle avait déjà été préparée par J. v. Braun, dont j'ai reproduit la synthèse, à quelques détails d'exécution près, conformément au schéma ci-

([1]) G. Darzens et G. Lévy, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 181, et G. Lévy, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1749.

dessous [1] :



J'ai préparé d'abord l'acide α-éthyl-β-phénylpropionique (VI) par condensation du bromure d'éthyle sur le benzylmalonate d'éthyle sodé (IV). L'éther éthylbenzylmalonique obtenu (V) a été saponifié puis décomposé par perte de CO^2.

L'acide (VI) bout à 174° sous 15^{mm}. Son éther amylique bout à 154° sous 15^{mm}.

Par réduction, au moyen du sodium dans l'alcool amylique bouillant, on obtient, avec un rendement de 65 pour 100, l'alcool β-éthyl-γ-phénylpropylique (VII).

C'est un corps huileux, bouillant à 143° sous 16^{mm}, dont l'odeur rappelle celle de l'alcool phényléthylique.

Dans cet alcool, maintenu à 130°, on fait passer un courant d'acide bromhydrique sec et, après traitement, on obtient le bromure, avec un rendement de 82 pour 100, (P. E. sous 14^{mm} : 131°). En traitant, pendant 6 heures à l'ascendant, ce bromure dans l'alcool aqueux par du cyanure de sodium en excès, on prépare le nitrile (VIII du premier coup avec un rendement de 90 pour 100. Ce nitrile bout à 142°, sous 13^{mm}.

Chauffé en tube scellé pendant 6 heures à 120-130°, avec trois fois la quantité théorique d'acide chlorhydrique concentré, il a permis d'obtenir l'acide β-éthyl-γ-phénylbutyrique (IX) avec 75 pour 100 de rendement.

Cet acide est un liquide huileux bouillant à 175° sous 13^{mm}.

Son chlorure, préparé par le chlorure de thionyle, bout à 137° sous 13^{mm}.

Il a été cyclisé, suivant la méthode indiquée dans ma Note précédente, de manière à obtenir la tétralone (II).

La tétralone (II) ainsi obtenue bout à 145° sous 14^{mm}, sa semicarbazone, cristallisée dans l'alcool méthylique, fond à 171°,5 (corrigé).

---

(1) J. v. BRAUN, *Liebigs Annalen der Chemie*, **451**, 1926, p. 50.

Traitée par le sélénium, suivant une technique déjà employée, elle a donné le naphtol cherché (III).

Après cristallisation dans l'alcool, cet éthylnaphtol se présente en fines aiguilles blanches fondant à 50°,5-51°.

Son picrate, ocre rouge, fond à 145° (corrigé).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la réduction des acétyloximinoéthers.*

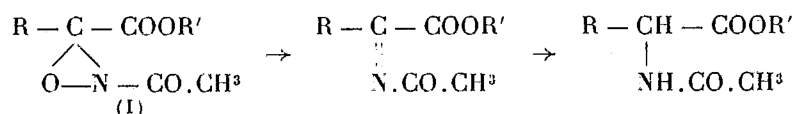
Note de M. **V. Cerchez** et Mlle **C. Colesiu**, transmise par M. V. Grignard.

La réduction, par l'amalgame d'aluminium, des oximinoéthers à fonction complexe, tels que l'oximinoacétylacétate d'éthyle et l'oximinocyanacétate d'éthyle, ne permet pas d'arriver aux composés aminés correspondants, en raison du peu de stabilité de ces derniers corps. On peut néanmoins obtenir les dérivés acétylaminés en effectuant la réduction des oximes acétylées.

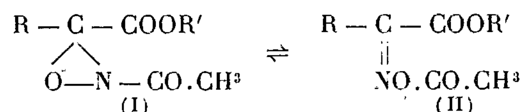
L'utilisation de l'amalgame d'aluminium permet d'obtenir ainsi les éthers : acétylamino-acétylacétique, acétylamino-cyanacétique et acétyl-amino-malonique.

Pour expliquer cette transformation, il faut admettre que l'oxime réagit, partiellement du moins, sous sa forme tautomère ([1]), et que le dérivé acétylé possède la formule (I).

Dans la première phase de la réduction il y aurait formation d'un dérivé acétylé de cétimine ([2]) qui serait hydrogéné à son tour :



Les acétylaminoéthers en question seraient donc susceptibles d'exister sous deux formes, en équilibre :

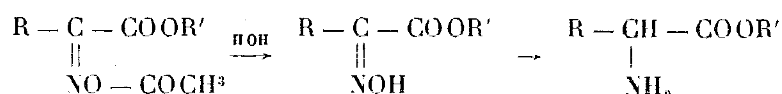


La première forme étant seule transformable en amine acétylée, le rendement est proportionnel à la quantité du composé (I) qui existe dans le mélange.

([1]) Schmidt, *D. ch. G.*, 31, 1898, p. 3225.

([2]) Mignonac et Mettelock, *Bull. Soc. chim.*, 41, 1927, p. 775.

Au cours de l'opération il se produit également une hydrolyse de la forme (II) avec mise en liberté d'oxime qui est réduite à son tour :



C'est ainsi que la réduction du dérivé acétylé de l'isonitrosomalonate d'éthyle conduit simultanément à l'acétylaminomalonate d'éthyle et à l'aminomalonate d'éthyle libre. Dans le cas de l'isonitrosoacétylacétate d'éthyle, on recueille également une certaine quantité d'éther 2.5-diméthylpyrazine 3.6-dicarboxylique, formé par condensation de deux molécules d'aminoacétylacétate d'éthyle.

La préparation des dérivés acétylés est réalisée par chauffage, au bain-marie, de l'oxime avec un excès d'anhydride acétique (¹). Le produit de la réaction est ensuite distillé dans le vide. On obtient ainsi :

L'acétyloximinoacétylacétate d'éthyle (²),



P. É. 155° sous 15^mm.

L'acétyloximinocyanacétate d'éthyle,



P. É. 148° sous 14^mm.

L'acétyloximinomalonate d'éthyle,



P. E. 165° sous 15^mm.

La réduction de ces composés, effectuée au moyen de l'amalgame d'aluminium (³), dans des conditions que nous avons déterminées pour chaque produit, conduit à :

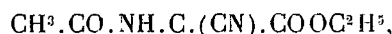
L'acétylaminomalonate d'éthyle,



déjà préparé directement à partir de l'aminomalonate d'éthyle et du chlorure d'acétyle (⁴). Cristaux grenus, F. 95° (alcool).

(¹) WAHL, *Bull. Soc. chim.*, 33, 1905, p. 486.
(²) WAHL, *loc. cit.*
(³) R. LOCQUIN et V. CERCHEZ, *Bull. Soc. chim.*, 47, 1930, p. 1274.
(⁴) V. CERCHEZ, *Bull. Soc. chim.*, 49, 1931, p. 45.

L'acétylaminocyanacétate d'éthyle,



$$CH^3.CO.NH.C.(CN).COOC^2H^5,$$

aiguilles soyeuses, F. 129° (éther et acétone).

L'acétylaminoacétylacétate d'éthyle,



$$CH^3.CO.NH.C(CO.CH^3).COOC^2H^5.$$

Aiguilles, F. 141° (acétone).

MINÉRALOGIE. — *Sur l'existence de la coronadite dans les minerais de manganèse de Bou Tazoult, région de l'Imini (Maroc).* Note de M. **J. Orcel.**

On a rencontré dans les terrains crétacés de la région de l'Imini (sud-ouest marocain), un important gîte de manganèse qui paraît appelé à un certain avenir [1]. Les minerais qui le constituent renferment essentiellement de la polianite, mais ils possèdent en plusieurs points une structure complexe qui n'a pu être élucidée qu'à l'aide des méthodes d'examen microscopique en lumière polarisée réfléchie.

Dans ces zones complexes on trouve, en effet, irrégulièrement réparties dans la masse finement fibreuse, brillante et fragile de polianite, des parties compactes, à éclat mat, dans lesquelles l'analyse révèle jusqu'à 8 pour 100 de plomb. Au microscope, on voit que ces parties compactes sont constituées par deux variétés de psilomélane, de pouvoirs réflecteurs différents (0,15 et 0,23) associées à un minéral agissant nettement sur la lumière polarisée, et cristallisant en agrégats grenus ou lamellaires.

Par son pouvoir réflecteur moyen (0,28 à 0,30) et son comportement vis-à-vis des réactifs d'attaque, ce minéral était à rapprocher de ceux du groupe de la hollandite. L'examen d'échantillons provenant d'une partie superficielle du gîte, dont les relations avec la couche principale de minerai n'ont pas encore été déterminées sur le terrain, nous a permis de l'identifier avec la *coronadite*.

Ces échantillons ont l'aspect botroïde des psilomélanes. Leur surface est lisse. Leur cassure est fibreuse et rappelle celle de certains échantillons de romanéchite. Les fibres sont disposées en zones concentriques, mais leur

(1) DESPUJOLS, Note sur l'industrie minière au Maroc (*Revue de l'Industrie minérale*, n° 232, 1930, p. 373-394).

fréquence et leur largeur diminuent généralement à une distance variable de la surface; au centre, la structure fibreuse disparaît et la cassure est analogue à celle des psilomélanes. Au microscope, la structure de la zone fibrolamellaire externe apparaît d'une façon remarquable entre nicols croisés, car le minéral est fortement anisotrope. Près du centre les fibres, très fines, sont noyées dans un gel isotrope qui constitue des zones plus ou moins larges entre les zones fibreuses. La formation de la coronadite est peut-être due à l'évolution de ce gel.

Propriétés optiques. — Les pouvoirs réflecteurs, mesurés pour le bleu à l'aide de la cellule photo-électrique [1], sur un paquet de fibres d'orientations optiques très voisines et présentant le maximum de biréflectence, sont les suivants :

$$R_g = 0,344, \qquad R_p = 0,306, \qquad R_g - R_p = 0,038.$$

Entre nicols croisés, les extinctions sont nettes et parallèles à l'allongement des fibres.

Comportement vis-à-vis des réactifs d'attaque.

Réactions négatives avec KCN 20 pour 100, $FeCl^3$ 20 pour 100, H^2SO^4 conc., HCl 1 : 1, H^2O^2 100 vol.

HNO^3 dilué 1 : 1, HNO^3 conc., HCl conc. : Attaque nette sans ternissure, avec développement d'une structure zonée, en forme de chevrons, dans chacune des lamelles de l'agrégat. L'intensité de l'attaque varie suivant l'orientation des lamelles.

$SnCl^2$ saturé : Attaque avec noircissement et corrosion de certaines plages.

$SnCl^2 + HCl$: Corrosion violente de toute la masse, sauf de la partie axiale des aiguilles qui est seulement fortement ternie.

Analyse chimique. — L'analyse chimique a été effectuée par M. G. Campredon sur des fragments fibrolamellaires prélevés dans la zone externe de l'échantillon, de façon à éviter le mélange avec la psilomélane isotrope. Elle a fourni les résultats inscrits ci-après dans la colonne I.

---

(1) Cf. J. ORCEL, *Bull. Soc. franç. Minér.*, 53, 1930, p. 301-349.

I. — *Bou Tazoult.*	
MnO^2	59,60
MnO	8,02
PbO	28,68
BaO	0,23
CaO	0,05
CuO	0,14
Al^2O^3	0,10
Fe^2O^3	0,60
P^2O^5	0,03
As^2O^5	0,04
V^2O^5	0,20
SO^3	0,02
CO^2	0,04
H^2O	1,80
SiO^2	0,26
	99,81

II. — *Clifton (Arizona).*	
MnO^2	60,80
MnO	7,12
PbO	28,66
ZnO	0,11
CuO	0,05
Al^2O^3	0,68
Fe^2O^3	1,10
MoO^3	0,37
H^2O	1,11
	100,00

I. $MnO^2 : RO = 1,98$. II. $MnO^2 : RO = 2,26$.

L'analyse montre donc l'identité du minéral fibreux de Bou Tazoult avec celui décrit par W. Lindgren [1] dans le gisement de Clifton, Morenci District, Arizona, sous le nom de *coronadite*. L'analyse de ce dernier minéral, ramenée à 100 après déduction de la silice, figure dans la colonne II.

Étant donnée l'homogénéité de la coronadite de Bou Tazoult, il semble qu'on peut adopter la formule $2MnO^2$, PbO pour exprimer la composition de l'espèce, et non la formule $3MnO^2$, RO, admise antérieurement. La densité de la coronadite de l'Imini est 5,505 ; sa dureté 5.

A la mine Coronado, la coronadite se trouve dans le chapeau de fer d'un filon cuprifère, renfermant de la chalcocite dans la zone de cémentation, et de la pyrite associée à la chalcopyrite en profondeur. Elle constitue donc un accident manganésifère. Dans le gisement de l'Imini au contraire elle est en relation directe avec une venue manganésifère importante; elle fait même partie localement du minerai prédominant, car les caractères microscopiques nous conduisent à admettre l'identité du minéral anisotrope trouvé dans les parties compactes de ce minerai, avec la coronadite.

(1) W. Lindgren, *U. S. Geol. Survey* (*Profes. Paper*, 43, 1904, p. 103).

LITHOLOGIE. — *Les roches phosphatées de la côte du Gabon.* Note (¹) de M. **Raymond Furon**, présentée par M. L. Cayeux.

Les roches siliceuses (ou plus exactement, silicifiées) de la côte du Gabon sont d'âge sénonien (²). Entre Fernan Vaz et Iguela, particulièrement, elles comportent des lits phosphatés qui nous intéressent, non seulement par leur composition, mais aussi parce que leur étude en plaques minces nous permet d'assister à la formation de certains dépôts de la mer sénonienne et de mettre en évidence les ruptures d'équilibre qui en ont modifié la nature.

Les roches, non ou peu phosphatées. — Elles apparaissent avoir été primitivement des vases argilo-calcaires. Toutes ont été silicifiées secondairement et sont imprégnées de calcédonite. Des accidents siliceux locaux ont déterminé la formation de silex typiques. La pyrite, les oxydes de fer et un peu de matières organiques donnent souvent aux roches une teinte brune ou verdâtre. Les organismes déterminables sont des Globigérines et des Radiolaires. Parmi ceux-ci, les plus fréquents sont les *Cenosphera* et des Radiolaires à trois sphères concentriques, reliées par des travées rayonnantes, de la famille des *Liosphéridés.*

Les lits phosphatés. — Les lits phosphatés qui s'intercalent au milieu de ces roches ont une constitution toute différente. On y trouve une grande abondance de *Rotalia*, des fragments de tissu osseux et de dents de Poissons, des nodules et quelques débris d'Échinodermes. Le test des *Rotalia*, rarement brisé, est épigénisé par de la calcédonite. Les loges et les pores sont remplis de phosphate de chaux, de matières organiques et de globules d'opale. Les débris osseux, qui atteignent 5^{mm}, ont conservé leur structure; ils ont été peu roulés et sont constitués par du phosphate de chaux. Les nodules phosphatés, vernissés, représentent des éléments remaniés.

Le ciment qui relie ces divers éléments est devenu calcédonieux.

Observations sur les phénomènes qui ont accompagné la formation des dépôts phosphatés. — L'étude des échantillons et des plaques minces permet de reconnaître six transformations se succédant rapidement dans le temps :

1° Des vases fines, contenant des Globigérines et des Radiolaires, se

(¹) Séance du 23 mai 1932.

(²) Raymond Furon, *Nouvelles observations sur les roches crétacées de la côte du Gabon* (*Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 739).

déposent dans une mer calme et de profondeur moyenne. Les grains de quartz détritique provenant de la côte sont très rares;

2° Un changement se manifeste par l'apparition de petits nodules de phosphate de chaux et l'augmentation du nombre des grains de quartz;

3° Une rupture d'équilibre s'est produite, ayant affecté surtout la région côtière; elle détermine l'accumulation subite de nombreux organismes (*Rotalia* et débris de Poissons) que l'on ne rencontrait pas dans les dépôts précédents. Les grains de quartz sont plus gros et plus nombreux. Des nodules de phosphate de chaux sont arrachés, roulés et mêlés aux organismes et aux grains de quartz. Des courants balayant la zone côtière ont dû intervenir, capables de transporter des éléments atteignant 1^{cm} de diamètre. C'est la couche phosphatée;

4° L'équilibre est momentanément revenu et nous retrouvons les conditions antérieures : dépôt de vase fine à Radiolaires;

5° Alternance de vases fines et de petits lits phosphatés accusant une période de troubles;

6° La régression marine s'accentue, le fond marin s'élève et la série passe à des grès siliceux constitués par les éléments granitiques du Mayombe (quartz à extinction roulante, feldspaths et mica) et contenant, à l'état très remanié, de petits nodules phosphatés.

Nous arrivons à la veille de l'exondation et du plissement des couches sénoniennes.

GÉOLOGIE. — *Observations géologiques en Asie Mineure : le Crétacé supérieur dans l'Anatolie Centrale.* Note de M. **E. Chaput**, présentée par M. Ch. Jacob.

En Asie Mineure, le Crétacé supérieur est connu surtout dans les régions septentrionales, voisines de la Mer Noire (Ordu, Heraclée, Zonguldak, zone orientale de la Péninsule de Bithynie), où il a été l'objet d'études détaillées dues à MM. Douvillé, Frech, Böhm, Charles et Flandrin, etc. Dans les chaînes méridionales (Taurus, etc.), on connaît aussi quelques gisements de Crétacé supérieur, en particulier des calcaires à Rudistes. Dans les zones intermédiaires (Anatolie Centrale), certains calcaires compacts sont sans doute contemporains des calcaires à Rudistes des chaînes périphériques; mais ils n'ont pas encore été séparés nettement des calcaires

analogues, triasiques (¹) ou autres. En outre il existe, dans la région de Haymana (60-80^{km} au sud-ouest d'Angora), du Sénonien à faciès beaucoup plus détritique. On voit là, en contact avec des calcaires et marbres d'âge incertain, une épaisse série de conglomérats, de schistes souvent gréseux, à minces zones de lignites et avec intercalation de calcaires gréseux vers la base. Les calcaires gréseux renferment surtout des Ostréidés (*Exogyra Matheroni* d'Orb., *Exogyra spinosa* Math.), quelques Gastropodes (*Cerithium* cf. *pustulosum* Sow., *Natica* sp.) et des Orbitoïdes, où M. Douvillé a reconnu *Orbitoides media* d'Arch. Les grès et schistes surmontant ces calcaires contiennent *Pachydiscus colligatus* Bink. emend. de Gross., *Inoceramus regularis* d'Orb.

Ces terrains détritiques, qu'on peut considérer comme du Flysch, passent vers le Nord sous des calcaires à Nummulites, mais les relations du Crétacé et de l'Éocène ne sont pas encore précisées. Le tout est plissé, la direction dominante étant approximativement Nord-Est, comme dans l'ensemble des terrains des « chaînes galates » entre Haymana et Angora. A propos de ces plis, je puis signaler incidemment la grande extension du Jurassique, qui est plissé également en direction du Nord-Est, depuis le nord-ouest d'Haymana jusqu'au nord-ouest d'Angora.

Les faciès détritiques du Sénonien d'Haymana présentent certaines analogies avec ceux du Sénonien de la Thrace Orientale (Zekerieköy, non loin du Bosphore). Nous avons signalé antérieurement (²), dans cette région, au-dessus de calcaires à Rudistes, des grès et tufs éruptifs à *Pachydiscus*, *Baculites*, *Crania*, surmontés par des calcaires à débris renfermant des Orbitoïdes et *Belemnitella mucronata* Schl. Plus récemment, M. Douvillé, qui a examiné les matériaux provenant de Zekerieköy, y a déterminé : 1° dans les calcaires à Rudistes : *Hippurites cornuvaccinum* Bronn ; 2° dans les grès et tufs éruptifs, *Parapachydiscus Brandti* Redt. var. *Pegoti* de Gross., *Trigonia semisulcata* Duj. ; 3° dans les calcaires gréseux à Orbitoïdes, *Orbitoides socialis* Leym., *Orbitoides apiculata* Sch. En outre, dans les grès et tufs inférieurs, nous avons déterminé *Alectryonia ungulata* Schl., *Exogyra Matheroni* d'Orb., *Pecten* (*Chlamys*) *Dujardini* Rœmer, *Turritella* (*Torcula*) *plana* Bink.

(¹) E. Chaput, *Le Trias de la région d'Angora* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1754).

(²) E. Chaput et R. Hovasse, *Notice préliminaire sur le Crétacé supérieur de Zekerieköy* (*Bull. Fac. Sc. Stamboul*, 6e année, 4, 1930, 16 pages, 1 carte).

Les grès à lignites Haymana, comme les grès et tufs volcaniques de Zekerieköy, appartiennent, par leur faune d'Ammonites, au Maëstrichtien (Campanien supérieur auct., niveau du calcaire de Kunraed et de marnes de Neue Welt dans la région de Gosau); les calcaires à Orbitoïdes de Haymana sont d'un horizon légèrement inférieur; les calcaires à Orbitoïdes de Zekerieköy, d'un horizon un peu plus récent.

Tandis que le Sénonien à Orbitoïdes de Haymana doit appartenir à la province méditerranéenne, comme le Crétacé supérieur à Rudistes des chaînes anatoliennes méridionnales et d'une grande partie des chaînes pontiques, le Sénonien de Zekerieköy a des caractères mixtes; c'est seulement près des côtes de la Mer Noire, entre la péninsule de Bithynie et la région de Trébizonde, qu'on trouve des faciès plus nettement nordiques.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Gault dans la nappe de la Brèche du Chablais (Haute-Savoie).* Note de M. **Élie Gagnebin**, présentée par M. Ch. Jacob.

Dans son Ouvrage sur la *Brèche du Chablais*, M. M. Lugeon ([1]) signale une bande de Flysch, intercalée entre la Brèche jurassique de la Pointe de Grange et le Crétacé supérieur qui la recouvre. Ces couches crétacées ne pouvaient donc être la couverture normale de la Brèche et elles représentaient un lambeau arraché aux Préalpes médianes, nappe sous-jacente qui aurait encapuchonné celle de la Brèche. A ces déductions, d'une importance capitale pour la structure de l'édifice préalpin et pour la recherche des racines de ses nappes, M. Lugeon revenait en 1914 ([2]); et, jusque dans la géologie des nappes des Grisons, *l'encapuchonnement de la nappe de la Brèche par celle des Préalpes médianes* eut un retentissement considérable.

En révisant la Feuille de Thonon, j'ai repris l'étude du problème et relevé, sur l'arête qui descend du sommet de la Pointe de Grange vers le Sud, la coupe suivante :

1. Brèche supérieure, ici formée surtout de calcaires compacts ou échinodermiques à rognons de silex.

([1]) Maurice Lugeon, *La région de la Brèche du Chablais* (*Bull. de la Carte géol. de la France*, n° 49, 1896, p. 149, 249 et 304; profils 19 et 21).

([2]) M. Lugeon, *Sur quelques conséquences de la présence de lames cristallines dans le soubassement de la zone du Niesen* (*Comptes rendus*, 159, 1914, p. 778).

2. Passage graduel à des calcaires en fines plaquettes, où s'intercalent progressivement des lits de schistes sombres, qui règnent bientôt seuls.

3. Dans ces schistes sombres, verdâtres, s'introduisent des lentilles et des couches de grès micacé et de calcaire glauconieux, auxquelles s'ajoutent vers le haut des calcaires rougeâtres à Rosalines. A leur partie supérieure, sur 30-40^{cm} d'épaisseur, les menus schistes micacés sont rouge sang.

4. Ils passent rapidement aux *Couches rouges* typiques, calcaires, à Rosalines, du Crétacé supérieur, suivies normalement par le Flysch.

Ainsi les couches intercalées entre les *Couches rouges* et la Brèche supérieure, que M. Lugeon avait considérée comme du Flysch, s'avèrent être du Gault. A vrai dire la ressemblance entre les deux terrains est extraordinaire et celui que j'analyse ne m'a point fourni de fossiles macroscopiques. Mais la nature des grès glauconieux et des schistes verdâtres, identiques aux formations du Gault des autres nappes préalpines, jointe aux passages graduels vers les calcaires adjacents, ne laisse aucun doute sur leur âge. Ils ont ici une épaisseur de 20 à 25^{m}.

C'est, à ma connaissance, la première fois qu'on signale le Gault dans la nappe de la Brèche. De cette constatation résulte :

1° Qu'une partie du complexe si épais de la Brèche supérieure doit être d'âge crétacé. Sa limite avec la partie jurassique n'a pu être exactement fixée; mais on observe souvent, dans la portion supérieure du complexe, des calcaires porcelainés, chargés de rognons de silex, fort analogues au Néocomien des Préalpes médianes.

2° Que les *Couches rouges* du flanc normal de la nappe de la Brèche appartiennent bien à cette unité tectonique, et non à des lambeaux détachés des Préalpes médianes. F. Rabowsky (1), dans la Brèche de la Hornfluh (Préalpes bernoises), était arrivé à la même conclusion; il avait observé la transgression directe des *Couches rouges* sur la Brèche supérieure, sans intercalation de Crétacé moyen.

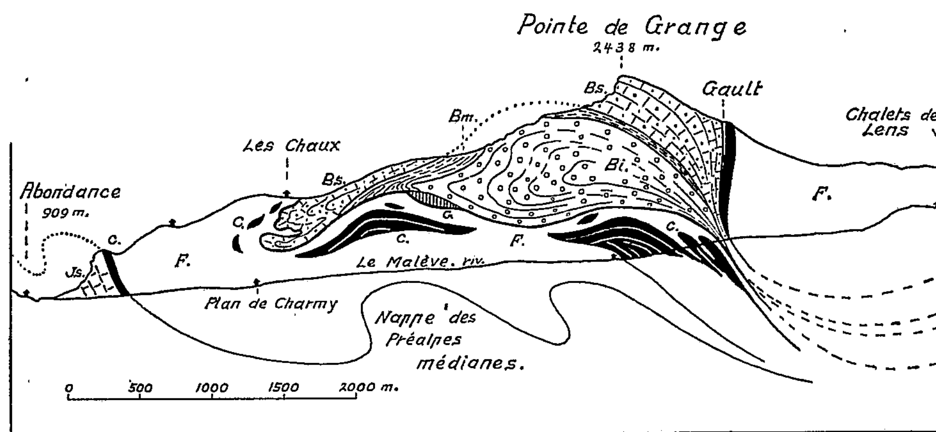
Est-ce à dire que la nappe de la Brèche n'est pas encapuchonnée par celle des Préalpes médianes? Notre constatation ne suffirait pas à le prouver. Car, dans le massif de la Pointe de Grange, le front de la nappe de la Brèche est escorté de nombreuses écailles de *Couches rouges* ou de Malm, en lentilles noyées dans le Flysch et manifestement arrachées aux Préalpes médianes (voir la figure). Il est donc certain, comme l'avait établi

---

(1) F. Rabowski, *Les Préalpes entre le Simmental et le Diemtigtal* (*Mat. pour la Carte géol. de la Suisse*, Nouv. série, 35e livr., 1920).

M. Lugeon, que le pli frontal de la Brèche s'est enfoncé dans le Flysch des Médianes.

Mais l'analyse récente des relations entre ces deux nappes, le long de la frontière franco-suisse et dans le massif tout voisin de Tréveneuse (Valais), permet d'affirmer que la position originelle de la Brèche est au-dessus des



F. = Flysch (en blanc). C. = Crétacé sup. (en noir). Bs. = Brèche supérieure. Bm. = Schistes ardoisiers. Bi. = Brèche inférieure. G. = Gypse. Js. = Malm des Préalpes médianes.

Coupe schématique de la Pointe de Grange, au sud-est d'Abondance (Haute-Savoie).

Préalpes médianes. Car ce n'est pas seulement des lambeaux des Médianes que la nappe de la Brèche a entraînés sous elle, mais aussi des fragments des Préalpes internes, évidemment inférieures aux deux autres unités. Si donc le front de la nappe de la Brèche s'est bien enfoncé dans la carapace des Préalpes médianes, il n'y a pas, à proprement parler, entre ces deux masses, d'encapuchonnement, et la superposition réelle des nappes préalpines est conforme à leur disposition actuelle.

GÉOLOGIE. — *L'évolution structurale des États du Levant sous mandat français.* Note de M. **Louis Dubertret**, présentée par M. Ch. Jacob.

Mes recherches détaillées dans les États du Levant sous mandat français, poursuivies depuis 1928 pour le Haut Commissariat de la République française, ajoutées aux travaux antérieurs, permettent de se faire aujourd'hui une idée de l'évolution du pays.

Deux unités structurales sont juxtaposées dans la région décrite :

1° *Le socle syrien*, s'étendant jusqu'à la ligne Souédié-Antioche-Marach, couvert de sédiments épicontinentaux et formé de vastes plis de fond le long du littoral : Djebel Akra, Massif Alaouite à l'est de Lattaquié, Liban et Anti-Liban, enfin Monts de Judée dans les territoires sous mandat anglais.

2° Un chaînon externe du Taurus, le Kizil Dagh, au sud d'Alexandrette et l'Amanus, au Nord-Est, chaînon caractérisé par des formations propres au Taurus et par des nappes de charriage.

Une *nappe* de gabbros et de serpentines (1200 à 1500^m de puissance), surmontés de lambeaux irréguliers de radiolarites, enveloppe le Kizil Dagh et l'Amanus, pour recouvrir le socle syrien sur une trentaine de kilomètres de profondeur, atteignant ainsi Lattaquié, le Nahr el Kebir du Nord et l'Afrine Sou. Dans l'Amanus, apparaissent successivement [1] sous les roches vertes : *a*, des calcaires gris, finement lités, à Radiolaires, Textilaires, Globigérines et *Rosalina Linnei* Lmk. Ces calcaires, sénoniens, ressemblent beaucoup aux marbres en plaquettes des Alpes ; *b*, un puissant complexe de calcaires dolomitiques gris, de schistes, rouges et verts, et de grès, rappelant le Lias et le Trias alpin. Le Djebel Akra, jurassique et crétacé (avec quelques bancs peut-être campaniens), fait partie du socle syrien et apparaît en fenêtre au milieu de la nappe.

Le Sénonien supérieur (Maestrichtien?) est transgressif sur la nappe et débute par des niveaux à gros Radiolitidés. Il est surmonté de calcaires et de brèches éocènes, puis d'une molasse miocène qui ne subsiste que dans les dépressions. La mise en place de la nappe date donc du Sénonien inférieur.

Le *socle syrien* est doucement ondulé au centre et à l'Est. La région côtière est formée de plis de fond, dont on peut suivre la genèse à partir du Jurassique.

Au Kiméridgien-Portlandien, une mer peu profonde couvre la région côtière, alors tabulaire. Au Néocomien, la région alaouite émerge, tandis que le Liban et l'Anti-Liban oscillent autour du niveau de la mer. Puis, à l'Aptien et à l'Albien, s'amorcent des transgressions, suivies de mouvements

---

(1) Je dois à M. Albert Michel-Lévy, M[lle] Pfender, M. C. Kilian, l'examen des roches, l'identification du marbre en plaquettes et de sa faune et la détermination d'Ammonites. M. L. Kober m'a suggéré l'existence de la nappe de roches vertes.

d'exondation. Une nouvelle transgression, générale, se produit au Cénomanien et se montre durable. Dans la région côtière méridionale, l'occupation semble persister jusqu'à la fin du Sénonien avec tendance à l'émersion au début du Sénonien. Dans la Syrie septentrionale, une lacune semble exister, correspondant à la mise en place de la nappe de roches vertes, et le Maestrichtien (?) paraît reposer directement sur le Turonien inférieur (calcaires crayeux à *Thomasites Rolandi* Th. et Per.).

Une émersion intervient à la fin du Sénonien. L'Éocène moyen est transgressif sur le Sénonien érodé; il est peu déformé et a sensiblement la même extension que lui. A l'Éocène supérieur, une nouvelle émersion se produit, accompagnée de déformations. Puis une transgression burdigalienne semble s'étendre exclusivement sur la bordure septentrionale du socle, tandis que la transgression helvétienne couvre la région côtière et toute la Syrie septentrionale. L'émersion définitive se place à la fin du Vindobonien et elle est accompagnée de déformations importantes. Puis s'installe un régime de grandes étendues lacustres. Au Quaternaire, enfin, apparaît le volcanisme d'origine fissurale, suivi de la rupture des plis de fond de la côte syrienne et de la formation des grandes cassures. La structure du pays est ainsi profondément modifiée et prend sa physionomie actuelle.

On retiendra de cette Note :

a. L'existence d'une nappe, formée de roches vertes et de radiolarites, charriée, au début du Sénonien, d'une trentaine de kilomètres sur le socle syrien qui s'étend sous celle-ci jusqu'à la dépression Souédié-Antioche-Marach. Le Djebel Akra fait partie du socle et apparaît en fenêtre sous la nappe.

b. La longue évolution des plis de fond de la côte syrienne. Peu accusés jusqu'à l'Éocène moyen, ceux-ci se développent principalement à la fin de l'Éocène et ensuite de la fin du Miocène à nos jours. Le volcanisme fissural s'établit au début du Quaternaire et précède la rupture des plis de fond et la formation des grandes cassures.

GÉOLOGIE. — *Sur le Dévonien à Céphalopodes de l'Oued Saoura et des chaînes d'Ougarta* (*Sahara oranais*). Note de M. **Nicolas Menchikoff**, présentée par M. Ch. Jacob.

Depuis les mémorables explorations de M. E.-F. Gautier, la localité de Béni-Abbès (Oued-Saoura) est devenue célèbre par ses faunes de Gonia-

tites et de Clyménies du Famennien, et E. Haug, qui les a étudiées ([1]), a pu écrire par la suite ([2]) que «les environs de ce poste peuvent être considérés peut-être comme le point du globe où le Dévonien terminal s'est montré jusqu'ici le plus riche en Céphalopodes».

Dans mes précédents voyages au Sahara [N. Menchikoff, *Recherches géologiques dans le Nord du Sahara occidental* (*Revue de Géographie phys. et de Géologie dyn.*, 3, II, 1930)], j'ai repris en détail l'étude de ces gisements et j'y ai rencontré toute une série de niveaux fossilifères à Céphalopodes, qui donnent une stratigraphie complète du Dévonien supérieur et du Tournaisien et qui se mettent exactement en parallèle avec ceux des localités classiques de l'Europe. Mais, jusqu'ici, on n'avait aucun argument paléontologique pour affirmer la présence du Dévonien moyen.

Au cours d'un récent voyage, j'ai découvert deux nouveaux gisements fossilifères, distants de 40^{km} : l'un près de Marhouma (à 25^{km} en aval de Béni-Abbès), l'autre à la pointe nord de l'Erg Djemel (à $6\text{-}7^{km}$ au Sud-Est d'Ougarta) qui complètent mes observations précédentes.

Tout d'abord, j'ai rencontré le Dévonien moyen, avec quatre niveaux, dont les deux premiers sont eiféliens, les deux autres girétiens. La série est, dans l'ordre ascendant la suivante :

1° Des couches subrécifales à *Anarcestes lateseptatus* Beyr, où à côté d'un grand nombre de Polypiers et de Stromatopores j'ai récolté : *Spirifer speciosus* Schloth., *Sp. ostiolatus* Schloth., *Cyrtina heteroclyta* Defr., *Athyris concentrica* Schnur, *Atrypa reticularis* L., *A. zonata* Schnur, *A. aspera* Schloth., *Uncinulus Orbignyanus* de Vern., *Schizophoria striatula* Schloth., *Schuchertella umbraculum* Schloth., *Streptorhynchus comitans* Barrande, *Leptæna rhomboidalis* Wilk., des *Pentamerus*, *Chonetes*, *Orthis*, *Rhynchonella* et *Orthoceras*, quelques Lamellibranches et Gastéropodes, des calices et tiges de Crinoïdes enfin de beaux exemplaires de *Phacops latifrons* Bronn.

2° Un niveau calcaire à Marhouma, schisteux à l'Erg Djemel à *Pinacites Jugleri* Roemer, accompagné d'un grand nombre d'*Anarcestes* et d'*Agoniatites*.

3° Des couches calcaires et schisteuses (Erg Djemel seulement) à *Anarcestes Rouvillei* von Koenen avec d'autres formes d'*Anarcestes* et d'*Agoniatites*.

4° Un niveau calcaire (Marhouma seulement) à *Mæneceras terebratum* Sandb., et deux autres *Mæneceras*, *Parodiceras brilonse* Kays., *Orthoceras*, *Bellerophon*, *Cyrtina heteroclita* Defr.

([1]) Émile Haug, *Sur deux horizons à Céphalopodes du Dévonien supérieur dans le Sahara oranais* (*Comptes rendus*, **137**, 1903, p. 83).

([2]) E. Haug, *Traité de Géologie*, **2**, 1908, p. 724.

Ces gisements de Marhouma et de l'Erg Djemel nous donnent pour la première fois en Afrique une série complète du Dévonien moyen, à Céphalopodes.

Il est intéressant de remarquer qu'à Marhouma *Anarcestes lateseptatus* Beyr., fossile caractéristique de la première zone de l'Eifélien, se trouve associé à une faune de Brachiopodes (*Uncinulus Orbignyanus* de Vern., etc.) qui est la faune typique de l'assise de Bure (niveau supérieur des couches d'Hierges). Cette constatation infirme ainsi la tendance de certains auteurs allemands (¹) à ranger l'assise de Bure (*Cultrijugatus-Schichten*) dans le Dévonien inférieur.

En outre de ces données entièrement nouvelles sur le Dévonien moyen, le gisement de Marhouma m'a permis de compléter la stratigraphie du Dévonien supérieur des régions sahariennes. J'y ai découvert en effet : 1° la zone à *Manticoceras cordatum* Sandb. (Frasnien, I de Wedekind (¹); 2° la zone à *Crickites Holzapfeli* Wedek. (sommet du Frasnien I); 3° la zone à *Cheiloceras subpartitum* Münster (base du Famennien, II), alors que toutes les autres zones du Dévonien supérieur (I, III, IV et V) avaient été signalées dans mon précédent travail.

Il y a donc dans la région de Béni-Abbès, depuis la base du Dévonien moyen et jusqu'au Tournaisien supérieur, une succession ininterrompue de faunes d'Ammonoïdes qui égalent, si elles ne les dépassent pas en richesse, celles des plus beaux gisements d'Europe. Leur succession, grâce à l'absence d'accidents tectoniques et aussi de terre végétale, est toujours facile à établir. On remarque en outre que les espèces et leurs associations sont exactement celles des localités classiques de l'Allemagne, malgré les 20° de latitude qui séparent les deux régions. J'ajoute enfin que le sillon profond de la Saoura, dont j'ai établi (²) l'existence au milieu de la mer épicontinentale du Sahara au Dévonien supérieur, se dessine déjà dès la base du Dévonien moyen.

(¹) R. Wedekind, *Die devonische Formation*, in Salomon, *Grundzüge der Geologie*, II, Stuttgart, 1926.

(²) N. Menchikoff, *op. cit.*, p. 177.

GÉOLOGIE. — *Le matériel stratigraphique de la nappe de Bokoya.* Note de M. **Maurice Blumenthal**, présentée par M. Ch. Jacob.

Cette unité structurale, définie dans une Communication précédente (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1669), comporte dans son ensemble une succession de couches qui la rapproche intimement du massif bético-rifain, dont elle n'est qu'un élément à déversement méridional.

Le Paléozoïque participe à sa base comme élément constitutif important, ainsi que le montre son apparition soit en aire anticlinale, soit dans la région frontale (*loc. cit.*, voir croquis). Il s'agit de formations gréso-schisteuses, toujours intensément plissotées, qui ne représentent en somme qu'une sorte de Flysch paléozoïque; mais le fait de les avoir confondues avec du Flysch tertiaire, ainsi qu'il est arrivé à M. et Mme Russo [1], entraîne une conception tectonique différente de la réalité.

Dans le Paléozoïque de Bokoya, on retrouve les éléments bétiques déjà signalés vers Ceuta : grauwackes à plantes, conglomérats schisteux à quartz, schistes noirs verdâtres, calcaires noirs tordus (calizas alabeadas) et surtout des calcaires à Orthocères de grande valeur stratigraphique. Ceux-ci acquièrent un développement considérable près de Villa Sanjurjo, où ils sont bleu foncé et marmorisés; les couches à Orthocères, qui appartiennent probablement au Silurien supérieur, apparaissent brusquement dans la masse calcaire. Ce sont, comme en Andalousie, des calcaires bréchoïdes brun rougeâtre.

Le Permo-Trias révèle le faciès malagais, c'est-à-dire le type germanique, à prépondérance de grès et de conglomérate rouges et faible développement du type gypso-salin.

La série mésozoïque est représentée par une succession calcaréo-dolomitique de grande épaisseur, mais stérile, avec passage de faciès latéraux très nets. Les dolomies de la base, souvent localement remplacées par des conglomérats calcaires, acquièrent un développement extraordinaire dans le secteur occidental (Oued Bades) et aussi près de Villa Sanjurjo; elles sont suivies ou remplacées par des calcaires lités, souvent un peu marneux et caractérisés par des bandes et des rognons de silex (série du Palomas). A la base de ces deux types lithologiques, s'intercalent des calcaires blancs,

---

(1) *Recherches géologiques sur le Nord-Est du Rif* (*Mém. Soc. Sc. Nat. du Maroc*, n° xx, 31 août 1929, p. 157).

subcristallins ou pseudoolithiques et avec transitions subites à des dolomies (série d'Alhucemas); ils jalonnent en chapelet le bord méridional de l'unité.

Stratigraphiquement, le Lias inférieur doit être représenté par la série dolomitique (y compris les calcaires d'Alhucemas), tandis que la série du Palomas offre les caractères d'une série compréhensive qui embrasse sans doute le Lias supérieur et continue peut-être jusqu'au Jurassique supérieur (?).

Le Flysch tertiaire, outre qu'il revêt les caractères bien connus, constitue d'une part une formation de couverture pincée entre l'écaille du Palomas et le socle paléozoïque et d'autre part la zone marginale méridionale (Flysch des Beni Ouriaguel). Tandis que le premier est oligocène à Lépidocyclines et *Nummulites Boucheri* ainsi que nous l'avons déjà noté [1], le dernier, à une seule exception près, est du Lutétien inférieur; les formes les plus répandues sont: *Nummulides globulus*, *N. Guettardi*, *N. subirregularis*, *N. gallensis*, etc., *Assilina exponens*, *Orthophragmina*, etc. (déterminations de M. Doncieux). Le Miocène et le Pliocène sont absents.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de Gastropodes et de Vertébrés dans les Grès de Bou Hanifia, Feuille de Mascara (département d'Oran).* Note de M. **Maurice Suess**, présentée par M. Ch. Jacob.

Au cours d'études géologiques à propos du barrage en construction sur l'Oued el Hammam, j'ai pu relever une coupe et récolter des fossiles dans le complexe de grès, qui forme les hauteurs des Dj. Haouch bel Ass, Dir ela Ahmed, etc., au Sud des Bains de Bou Hanifia. (Voir la Feuille de Mascara au 1/50000e).

Débutant par un poudingue d'épaisseur variable, pouvant atteindre une vingtaine de mètres, le complexe des grès est principalement constitué par une alternance de marnes et de grès, de teintes bariolées, grises, blanches et surtout rouges, avec un faciès continental très accusé. Sa puissance est au moins de 200^m. Il repose sur des marnes grises, dites éocènes, qui forment la région anticlinale des Bains de Bou Hanifia ; et, plongeant d'environ 20° vers le Sud-Est et vers le Sud, abstraction faite de failles et

(1) A. Marin, M. Blumenthal et P. Fallot, *Observations géologiques sur le Nord-Ouest du Rif marocain* (*Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, 30, 1930, p. 659-735).

d'accidents de détail reconnus par les géologues qui se sont occupés du barrage, il ceinture périphériquement ces marnes éocènes. Vers le haut, les grès sont coupés par des surfaces horizontales, surmontées d'alluvions anciennes, souvent consolidées en poudingues très consistants et fournissant parfois, à l'état remanié, des débris d'Huîtres miocènes. Il s'agit là d'anciennes terrasses, dominant de 100^m et plus le cours actuel de l'Oued el Hammam. En contre-bas du talus des grès, d'autres terrasses s'étagent à des altitudes décroissantes ; et, ainsi que M. Ch. Jacob me l'a fait remarquer au cours d'une visite commune dans la région, elles permettent de reconstituer l'évolution de l'Oued aux différentes étapes du Quaternaire.

Le premier niveau fossilifère, qui paraît assez constant, se place à 70^m environ au-dessus de la base des grès. Il succède immédiatement à des marnes savonneuses, micacées, et est constitué par des marnocalcaires rougeâtres, riches en Gastropodes terrestres. Le meilleur gisement a été rencontré dans le haut du talus gauche de l'Oued el Hammam, à 300^m au Sud-Est du marabout 350, Mey A. E. K. de la carte au 1/50000e. On peut y ramasser en abondance de bons exemplaires d'*Helix* (*Macularia*) *subsenilis* Crosse. A ce fossile s'ajoutent, au Sud-Ouest de la cote 403 du Dj. Haouch bel Ass : *Buliminus* (*Zootecus*) *Jobæ* Crosse et *Rumina decollata* L. Cette faunule, déterminée par M. Ch. Jacob, rappelle les ensembles plus importants trouvés en divers points de l'Algérie, notamment dans le département de Constantine [1] et rapportés au Pontien ou au Pliocène inférieur.

Un second niveau, à vrai dire représenté par un seul gisement à mi-pente sur la rive droite de l'Oued el Hammam au Sud-Ouest de la cote 408, se place dans des marnes grises à 150^m environ au-dessus de la base des grès. Il m'a fourni des restes importants de Vertébrés. En attendant un matériel plus complet, à obtenir par une fouille méthodique, les ossements recueillis ont été soumis à M. J. Piveteau, et voici les éléments reconnus :

1° *Hipparion* du type de *gracile* Kaup, représenté par plusieurs dentitions supérieures complètes, des mandibules, un métacarpien, un métatarsien et des os du carpe et du tarse. Mis à côté de formes de Pikermi (Grèce) et de Maraga (Perse), ces restes rentrent dans les limites de variation de l'*Hipp. gracile*. Le métacarpien est, en tout cas, très distinct de ceux de l'*Hipp. crassum*.

2° Un Girafidé, avec un fragment de mandibule qui porte m_1 et m_2 et une

---

(1) Voir notamment L. Joleaud, *Étude géologique de la chaîne numidique et des Monts de Constantine*. Thèse de Doctorat, Paris 1912, p. 223 et suiv.

tête articulaire distale d'os canon, à peu près identiques, quant à la morphologie et à la taille, à *Achtiaria cœlophrys* Rodl. et Weith de Maraga.

3° Un fragment de mandibule de Gazelle, sans colonnette aux molaires.

4° Un fragment de mandibule de Cerf.

5° La moitié gauche du maxillaire supérieur d'une Hyène, avec dentition de lait.

6° Des ossements nombreux (os longs, cinq vertèbres, une molaire inférieure) de *Rhinocéros*, appartenant à deux individus au moins, mais indéterminables spécifiquement en l'absence de la tête.

7° Un fragment de fémur d'une grosse Tortue.

Dans cette liste, déjà l'une des plus notables pour les Vertébrés tertiaires rencontrés en Algérie, les *Hipparion* et la Girafe suggèrent un âge qui ne saurait être antérieur au Pontien. Les Gastropodes terrestres parlent dans le même sens et permettent d'accepter, au moins provisoirement, cette attribution pontienne pour le complexe des Grès de Bou-Hanifia.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur les plantes tertiaires du Wei-tchang (Chine).* Note de M. **G. Depape**, transmise par M. Ch. Barrois.

Le gisement d'où proviennent les plantes fossiles étudiées dans la présente Note se trouve dans la région montagneuse, de 1500^m d'altitude en moyenne, appelée Wei-tchang, vers 44° de latitude Nord et 117° de longitude, à l'est du Dalai-noor, pas loin des sources du Sira-Mouren. Les empreintes se trouvaient dans des lits argileux, intercalés parmi des graviers interstratifiés avec les basaltes qui couvrent le Wei-tchang sur d'immenses étendues. Elles ont été recueillies par le P. Licent et le P. Teilhard de Chardin au cours de leur voyage d'exploration de 1927.

Les espèces qui ont laissé le plus grand nombre d'empreintes sont : *Fagus Sieboldii* Endl. (groupe de *F. silvatica*), *Carpinus laxiflora* Blume, *Castanea sativa* Mill., *Zelkova acuminata* Planch., *Trapa natans* L. Nous avons reconnu en outre : *Equisetum arcticum* Heer, *Thuites* (cf *Th. Ehrenswardi* Heer), *Pinus* sp. (cf. *P. Cembra* L. et *P. Koraiensis* Sieb. et Zucc.), *Phragmites* sp., *Betula alba* L., *Populus* sp. (cf. *P. tremula* L.), *Tilia* sp. (cf. *T. parvifolia* Ehrh.), *Cornus sanguinea* L., *Buxus sempervirens* L.

La flore fossile du Wei-tchang est donc constituée par des espèces qui appartiennent encore toutes à la zone forestière de l'hémisphère septentrional. Quelques-unes ont actuellement une extension très grande en Europe et en Asie. Les affinités sont particulièrement étroites avec des espèces asiatiques pour les genres *Pinus*, *Thuia*, *Fagus*, *Carpinus*, *Zelkova*,

Trapa. Par celles-ci la flore fossile se relie étroitement à la flore présente de la Chine septentrionale et de la Mandchourie.

Entre la flore fossile du Wei-tchang et celle de l'île Sachaline ([1]), il existe un certain nombre de formes communes, mais une différence de latitude d'environ dix degrés fait admettre entre elles une différence d'âge, la flore de Sachaline, du moins dans la partie considérée ici, étant oligocène, celle de Wei-tchang doit s'être développée durant le miocène.

La flore fossile de Fushun provient d'un gisement voisin du Wei-tchang. Elle contient des espèces archaïques comme *Lygodium Kaulfussi* Heer, *Dryophyllum Dewalquei* Sap. et Mar. R. Florin la rapporte à l'oligocène. La flore du Wei-tchang est donc post-oligocène ([2]).

Comparée avec nos flores tertiaires d'Europe, la flore fossile du Wei-tchang présente de grands traits de ressemblance avec la flore forestière du Massif central (Joursac) à la fin du Miocène, tandis que la flore de Fushun a des analogies avec celle de Menat, de l'oligocène inférieur d'Auvergne ([3]).

Si l'on admet entre les deux flores de Fushun et du Wei-tchang un espace de temps comparable avec celui que nous admettons entre la flore de Menat et celle de Joursac, il est permis de conclure que la flore du Wei-tchang s'est développée vers la fin du miocène.

Le Wei-tchang constitue une nouvelle station de la province botanique que Kryshtofovich ([4]) appelle « la province de Turgai » : vaste territoire qui embrasse la zone moyenne de la Sibérie, le nord du Turkestan, la Mandchourie, la Corée, l'île Sachaline, le nord du Japon, l'Alaska et le territoire adjacent.

Les associations végétales de l'époque tertiaire connues en ces régions se composent surtout d'Amentales : *Populus*, *Alnus*, *Betula*, *Fagus*, *Quercus*, *Castanea*, *Carpinus*, *Corylus*. Feuilles de *Comptonia* et fruits de *Trapa* sont d'autres éléments caractéristiques. Quelques rares espèces archaïques ou de régions plus chaudes se rencontrent dans les flores des premiers temps

---

([1]) Cf. HEER, *Flor. foss. arct.*, 1878; KRYSHTOFOVICH, *Evolution of the tertiary flora in Asia* (*The new phytologist.*, 28, IV, 1929, p. 303-312).

([2]) R. FLORIN, *Zur altertiaren Flora der südlichen Mandschurei* (*Palaeontologia sinica*, série A, 1, I, 1922, p. 45).

([3]) Cf. P. MARTY, *Flore miocène de Joursac* (*Cantal*), 1903, p. 92; L. LAURENT, *Flore foss. des schistes de Menat* (*Puy-de-Dôme*) (*Ann. Mus. Hist. nat. Marseille, Géolog.*, 14, 1912, p. 246).

([4]) *Loc. cit.*, p. 310.

tertiaires, tandis que les flores du Tertiaire supérieur sont remarquables par leur grande ressemblance avec les flores tempérées actuelles du pays ou des régions voisines. Elles se distinguent par là des flores miocènes et pliocènes d'Europe, où des espèces exotiques ou chaudes d'Asie, d'Amérique sont encore associées en grand nombre aux espèces tempérées qui se sont maintenues dans la flore européenne quaternaire et actuelle.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'anhydrobiose des tubercules des Renoncules dans l'azote liquide.* Note de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. Louis Mangin.

Ayant remarqué que les racines tuberculeuses des Renoncules semi-doubles, formant ce que les jardiniers appellent des griffes, peuvent se conserver six mois dans une atmosphère sèche en vie ralentie, sans perdre la propriété de donner de nouvelles pousses et de nouvelles racines, lorsqu'au printemps, on les replace dans des conditions favorables; j'ai recherché quelle pouvait être la nature de leur vie ralentie et leur degré de résistance aux basses températures.

Comme leur vie ralentie est en relation directe avec la quantité d'eau que leurs tissus contiennent, j'ai déterminé cette quantité d'eau par la méthode des poids secs. J'ai alors constaté, qu'après trois mois de séjour dans un bocal ouvert, ces tubercules s'étaient desséchés naturellement en se mettant en équilibre avec l'hygrométricité de l'atmosphère; à ce moment, ils renfermaient encore 9,5 à 9,6 pour 100 d'eau en moyenne. Cette teneur en eau est comparable à celle des graines de la Courge, du Lupin, du Haricot, dans leur état de dessiccation naturelle, dont j'ai étudié autrefois la vie latente (1).

Desséchés dans le vide avec de la baryte caustique anhydre, ces tubercules ont pu séjourner deux mois dans le vide sans qu'aucune atteinte n'ait été portée à leur reviviscence. Lorsque ces tubercules sont mis à gonfler sur de la ouate humide, dans une atmosphère saturée d'eau à 25° C., ils atteignent leur maximum de poids au bout de 48 heures. A ce moment ils contiennent 167 à 168 pour 100 d'eau. Leur pouvoir d'imbibition est donc considérable.

(1) P. Becquerel, *Recherches sur la vie latente des graines* (*Annales des sciences naturelles*, *Botanique*, 9e série, 5, 1907, p. 193).

Après avoir ainsi établi leur degré d'hydratation et de déshydratation, j'ai constitué quatre lots contenant chacun vingt griffes de ces racines tuberculeuses. Les griffes du premier lot se trouvaient à l'état de dessiccation naturelle avec 9,6 pour 100 d'eau. Les griffes du second lot ayant trempé 4 heures possédaient 45 pour 100 d'eau. Celles du troisième mises à gonfler 24 heures en avaient 98 pour 100, pendant que celles du quatrième lot imbibées pendant 48 heures en contenaient 160 pour 100. Une moitié des griffes de chaque lot fut conservée pour servir de témoin afin de comparer leur reviviscence avec l'autre moitié qui fut plongée dans l'azote liquide pendant environ 18 jours (420 heures) à la température de $-190°C$.

Les griffes de chaque lot enveloppées dans du papier filtré se trouvèrent au contact direct de l'azote liquide. Elles avaient été pesées auparavant, puis repesées à la sortie de T' azote liquide après évaporation de ce dernier.

	Teneur en eau.	Poids		Reviviscence	
		avant azote liquide.	après azote liquide.	après 20 jours.	des témoins.
	%	g	g		
1er lot...	9,6	10,158	10,050	10	10
2e lot...	45	28,50	21	0	10
3e lot...	98	30,75	29,35	0	10
4e lot...	160	32,40	30,90	0	10

D'après ces résultats nous voyons que les tubercules contenant 9,6 pour 100 d'eau ont résisté dans ce milieu irrespirable pendant 420 heures à la température de $-190°C$. Les griffes placées pendant 20 jours sur de la ouate humide ont donné, comme les griffes du lot témoin des pousses et des radicelles aussi grandes et aussi fournies. Par contre les tubercules des autres lots, avec 45, 98 et 160 pour 100 d'eau ont succombé. Des coupes faites dans ces tubercules et examinées au microscope au grossissement de 1500 dans notre réactif vital [1], nous ont montré comment s'est opérée la nécrobiose cellulaire. Dans l'écorce, la moelle, les méristèmes des points végétatifs, les cellules avaient été entièrement plasmolysées : le protoplasma mort, coagulé, décollé de la paroi cellulaire avait pris une structure granulaire ainsi que le noyau. La perte de poids de ces tubercules était due au départ de l'eau par la plasmolyse. Par contre, il n'y avait aucune trace de plasmolyse, ni d'altération du protoplasma et du noyau dans les tuber-

(1) PAUL BECQUEREL, *Un nouveau réactif vital* (*Comptes rendus*, 176, 1923, p. 601).

cules à 9,6 pour 100 d'eau. Leur protoplasma et leur suc cellulaire suffisamment déshydratés avaient rendu leurs cellules implasmolysables. C'est ce que nous avions déjà constaté dans l'action de l'air liquide sur les graines décortiquées en 1905 (¹).

Cette curieuse propriété de l'anhydrobiose que nous venons de mettre en évidence pour les griffes des Renoncules, doit se retrouver pour beaucoup d'autres espèces de plantes vivant dans les régions arctiques ou au sommet des montagnes. Elle explique comment elles peuvent résister aux froids les plus rigoureux et échapper à la mort par le gel.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations de l'intensité de croissance chez les plantules de Melon au cours du développement et en fonction de la quantité de réserves disponibles*. Note de MM. **Pierre Chouard** et **Georges Teissier**, présentée par M. L. Blaringhem.

Nous avons montré récemment (²) que, si l'on fait germer à l'obscurité sur de l'eau distillée des graines de *Cucumis Melo* L. privées d'une partie de leurs cotylédons, on obtient en fin de croissance, des plantules dont la taille est réduite proportionnellement à l'importance de l'amputation, mais dont les divers organes présentent entre eux des rapports pondéraux normaux. Nous montrons ci-dessous comment cette opération modifie la marche de la croissance.

Les graines opérées germent en même temps que les graines entières. Très vite, cependant, apparaît une différence dans l'intensité de la croissance, différence qui porte d'abord sur la racine et ensuite sur l'hypocotyle où les processus peuvent être facilement suivis. Le rapport des longueurs de deux hypocotyles, pris au même âge, varie progressivement durant les deux premiers jours et atteint vers le troisième une valeur qu'il conservera ensuite jusqu'à la fin de la croissance. Dès le moment où ce rapport est devenu constant, les intensités de croissance des deux plantules considérées restent entre elles comme les quantités de réserves laissées dans les cotylédons. D'autre part les proportions relatives des poids de l'hypocotyle, des cotylédons et des racines, variables d'un instant à l'autre, gardent cependant la même valeur chez les plantules normales et chez les plantules opé-

(¹) P. Becquerel, *Action de l'air liquide sur la graine* (*Comptes rendus*, 140, 1905, p. 1652).

(²) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1513.

rées prises au même âge. Il en résulte que les intensités de croissance de deux plantules du même âge sont entre elles comme les quantités de réserves dont elles diposent au moment considéré. Il en résulte également que le rendement matériel de la formation des tissus de l'hypocotyle a même valeur chez les plantes opérées que chez les plantes normales.

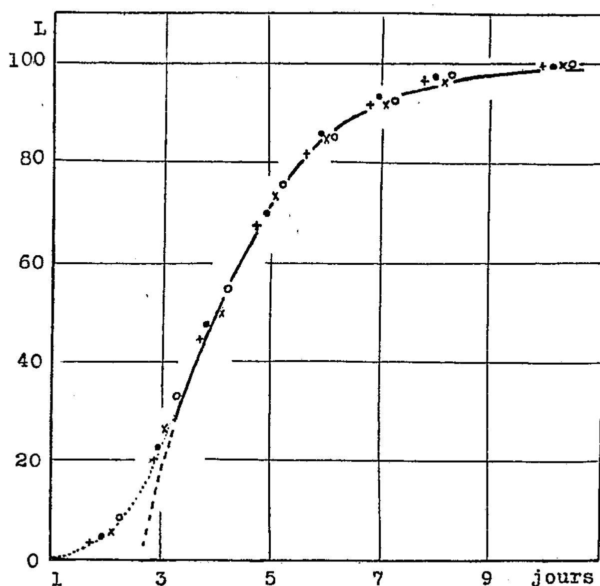


Fig. 1.

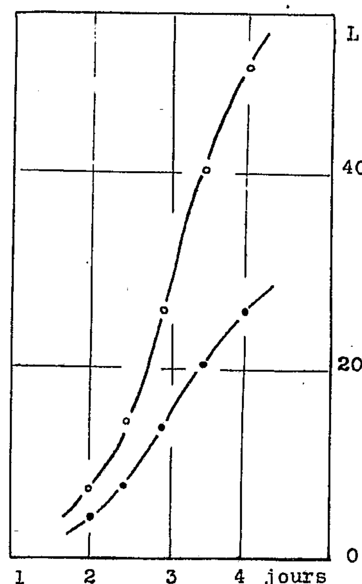


Fig. 2.

Fig. 1. — Croissance de l'hypocotyle de plantules suivies individuellement. Les longueurs sont mesurées en centièmes de la longueur maximum. La courbe en trait plein est une courbe théorique (arc d'exponentielle). Les quatre signes différents employés pour marquer les points expérimentaux correspondent aux quatre plantules comparées.

Fig. 2. — Croissance de plantules amputées de la moitié de leurs cotylédons (courbe inférieure) et de plantules normales (courbe supérieure). Les graines étaient réparties en lots de 50; deux lots étaient prélevés et pesés toutes les 12 heures. Les longueurs sont mesurées en centièmes de la longueur maximum.

Une seule interprétation paraît convenir à nos résultats. Tout se passe comme si tous les matériaux utilisés à divers titres pour la formation des tissus de l'hypocotyle se trouvaient répartis uniformément dans les cotylédons, et comme si l'utilisation de ces substances se faisait simultanément dans tous les points de ces derniers. On conçoit, dans ces conditions, que l'ensemble des réserves intervienne dans les processus de croissance [1] et

[1] On peut supposer par exemple que les substances assimilables apparaissent en quantité proportionnelle à la masse totale des réserves et qu'elles sont absorbées aussitôt.

qu'ainsi l'ablation d'une partie des cotylédons n'ait pas seulement un effet tardif (diminution de la taille finale), mais aussi un effet presque immédiat (diminution proportionnelle de l'intensité de la croissance).

Les faits qui viennent d'être exposés suggèrent une interprétation de la courbe de croissance qui paraît en bon accord avec les faits observés à partir du troisième jour, c'est-à-dire dans la seconde étape du développement. Dans la première, en effet, la racine s'accroît, et simultanément augmente le nombre des cellules de l'hypocotyle susceptibles de se multiplier ou de grandir, de sorte que le déterminisme de la croissance paraît assez complexe. Mais après le troisième jour, lorsque la zone d'allongement a cessé de s'étendre, nous savons que dans les conditions de nos expériences, l'intensité de la croissance dépend essentiellement de la masse totale des réserves disponibles à chaque instant. On peut raisonnablement supposer, d'après tout ce que nous venons d'exposer, que ces deux grandeurs restent proportionnelles. D'autre part nous avons constaté que chez nos Melons, qui se comportent en cela comme les Arachides étudiées par Terroine, Bonnet et Joessel [1] le rendement matériel de la formation de l'hypocotyle est indépendant du degré de développement de la plantule; par conséquent la quantité de réserves disparue des cotylédons à partir du troisième jour est proportionnelle à la longueur ou au poids de l'hypocotyle. Nous pouvons donc admettre en définitive que *l'intensité de la croissance est une fonction linéaire décroissante de la longueur de l'hypocotyle*. Cette hypothèse permet de calculer une courbe théorique (*fig.* 1) qui s'ajuste très convenablement aux résultats expérimentaux à partir du troisième jour.

ZOOLOGIE. — *Sur la différenciation de Poissons du genre* Ophidium *par leurs otolithes*. Note de MM. **J. Chaine** et **J. Duvergier**, présentée par M. Ch. Gravier.

Au cours de nos recherches sur les otolithes des Poissons vivants nous avons montré, à diverses reprises, que la *sagitta*, observée comme nous le faisons, c'est-à-dire non seulement en ce qu'elle a de typique mais aussi dans ses variations [2], nous a toujours fourni pour la détermination des espèces

(1) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 6, 1924, p. 357.

(2) J. Chaine et J. Duvergier, *Sur les otolithes des Poissons* (*Procès-verbaux de la Société Linnéenne de Bordeaux*, 74, 1922, p. 57).

les mêmes résultats que les caractères auxquels on fait habituellement appel. Aussi nous a-t-elle toujours paru être un élément de détermination capital, d'autant plus qu'étant indéformable et d'une conservation indéfinie elle peut encore servir à différencier des Poissons lorsque, ceux-ci étant dégradés pour diverses raisons, les caractères extérieurs sont devenus méconnaissables.

Même mieux, dans des cas de discrimination difficile, les caractères de la *sagitta* nous ont permis d'émettre l'avis que des espèces jusqu'ici considérées distinctes pourraient bien n'être que des formes d'un même type (1), tandis que certaines formes ordinairement confondues seraient, au contraire, parfaitement séparées (2).

Voici un nouvel exemple où la *sagitta* conduit à un résultat analogue aux précédents, mais d'une portée peut-être plus grande.

Des auteurs admettent sur les côtes françaises deux espèces d'*Ophidium*, l'*O. barbatum* L. et l'*O. vassali* Risso; d'autres, au contraire, ne reconnaissent qu'une seule espèce, considérant l'*O. vassali* tout au plus comme une variété ou une race de l'*O. barbatum*.

Cette dualité d'opinion s'explique par le fait que les auteurs, pour spécifier ces poissons, n'ont envisagé que les caractères extérieurs dont les différences, d'une forme à l'autre, sont peu sensibles.

Leurs *sagitta*, au contraire, sont très dissemblables et deviennent ainsi un caractère distinctif de tout premier ordre.

Nous reproduisons ici les *types* de *sagitta* de chacune de ces formes. Les figures 2 et 4 représentent des otolithes de sujets adultes; les figures 1 et 3 des otolithes de sujets de même taille (17^{cm}) sans considération d'âge.

L'examen des figures 1 et 3 indique qu'à taille égale de poisson, la *sagitta* de *O. barbatum* est bien plus grande que celle de *O. vassali*. Les quatre figures, prises deux à deux, montrent des pourtours foncièrement différents : la grande palette triangulaire développée dans la région antéro-dorsale chez *O. barbatum* fait totalement défaut chez *O. vassali* qui, au contraire, possède une dilatation de la postéro-dorsale que l'autre n'a pas. Nous passons sous silence d'autres caractères moins frappants présentés par le sulcus et les autres parties de la *sagitta*, mais qui suffiraient eux aussi à distinguer les deux formes.

---

(1) J. Chaine et J. Duvergier, *Contribution à la détermination des espèces de Poissons du genre* Mugil (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 253).

(2) I. Chaine et J. Duvergier, *Distinction des* Gadus capelanus, minutus *et* luscus *par leur sagitta* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 977).

Les différences montrées par ces deux séries d'otolithes sont donc très grandes; elles dépassent même de beaucoup en amplitude celles que nous sommes habitués à rencontrer entre les espèces d'un même genre, étant

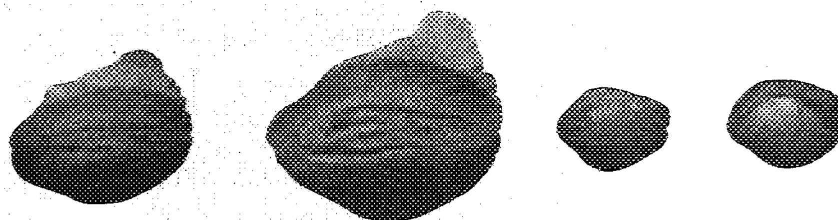


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.
Ophidium barbatum L. *Ophidium vassali* Risso.
Sagitta gauches grossies 4 fois.

plutôt de l'ordre de celles qui existent entre deux genres d'une même famille. Aussi nous permettent-elles de trancher nettement le différend qui s'est élevé entre les auteurs dans le sens de l'existence formelle de deux espèces bien distinctes et, tant que nous n'aurons pas vu d'autres espèces d'*Ophidium*, c'est le moins que nous puissions dire.

EMBRYOLOGIE. — *L'abrasion des molaires* in utero *chez les Rongeurs de la famille des Caviidés*. Note de M[lle] M. Friant, présentée par M. L. Joubin.

On sait que les molaires de beaucoup de Mammifères [par exemple : la plupart des Ongulés, la majorité des Rongeurs et tous les Proboscidiens actuels (Éléphants)] ont une surface triturante qui a l'aspect d'une surface d'abrasion avec des plages d'ivoire entourées d'émail. On sait aussi qu'au moment de leur éruption ces dents sont garnies de cuspides (tubercules) et que c'est par l'usure qui résulte des mouvements de mastication que leur surface triturante devient une surface d'abrasion.

Rémy Saint-Loup (*Ann. des Sc. Nat. Zool.*, 1898) et Marett Tims (*Journ. of the Linnean Soc.*, 1901) ayant observé que, chez le *Dolichotis patagonica* Shaw d'une part, et le Cobaye d'autre part (Caviidés), les molaires les plus antérieures font éruption avant la naissance, contrairement à ce qui se passe ailleurs, et se montrent abrasées dès ce moment, ont supposé que ces molaires se développaient ainsi (c'est-à-dire en présentant une surface d'usure); ils ont vu là une possibilité d'argument en faveur de la théorie de la transmission héréditaire des caractères acquis.

J'ai repris les observations de Rémy Saint-Loup et de Marett Tims et j'ai constaté que les molaires qu'ils ont vues hors de la gencive et abrasées, non seulement chez le nouveau-né, mais aussi chez le fœtus du *Dolichotis* et du Cobaye, sont, à un certain moment de la vie fœtale, antérieurs à celui qu'ils ont observé, intra-alvéolaires et cuspidées. Chez un fœtus de *Dolichotis* plus jeune que celui examiné par Rémy Saint-Loup (n° 1907-227, Coll. Anat. comp. du Mus. d'Hist. nat.; longueur maxima de la tête : 55^{mm}), j'ai vu, par exemple, qu'au maxillaire inférieur, la première molaire définitive, qui fait éruption un peu avant la naissance et avait ses deux cuspides abrasées dans le fœtus examiné par l'auteur, possède, à ce stade, une cuspide postérieure encore vierge. En ce qui concerne le Cobaye, mes observations portant sur de nombreux fœtus dont la longueur de tête mesure au maximum 29^{mm} sont également concluantes : toutes les molaires sont alors cuspidées et vierges.

Il est donc certain que chez les Caviidés, dont la gestation particulièrement longue explique l'état avancé de développement que le nouveau-né présente à tous les égards, les molaires sont, comme chez les autres Mammifères à dents normalement abrasées, garnies de cuspides au début. Mais, la naissance étant retardée, l'abrasion se fait *in utero*, et elle ne peut résulter, ici comme dans les autres cas, que de mouvements des mâchoires dont l'existence *in utero* ne semble pas pouvoir être plus mise en doute que les mouvements bien connus que le fœtus exerce dans les autres parties de son corps.

Il faut donc considérer l'abrasion précoce des molaires caractéristique d'un grand nombre de formes mammaliennes comme étant un *processus* mécanique purement individuel chez tous les animaux (y compris les Caviidés) où il se produit, et qui est lié à la croissance continue et rapide de ces dents. Il faut, par conséquent, renoncer aussi à trouver dans les faits particuliers du développement dentaire des Caviidés un argument possible en faveur de la théorie de la transmission héréditaire des caractères acquis.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur la classification naturelle des amines voisines de l'adrénaline* (¹). Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Charles Richet.

Les pharmacodynamistes, qui se sont efforcés d'établir une classification rationnelle des amines voisines de l'adrénaline, se sont peu souciés jusqu'ici de fixer la réelle valeur relative des caractères sur lesquels ils ont basé leur classification. Ils admettent presque tous, en effet, que ces substances doivent être rangées en deux grands groupes : celui des *sympathomimétiques vrais* dont l'action hypertensive est inversée par l'ergotamine et par la yohimbine et est augmentée par la cocaïne, et celui des *pseudo-sympathomimétiques* dont les effets hypertenseurs, qui ne sont inversés ni par l'ergotamine, ni par la yohimbine, sont diminués par la cocaïne.

Or nous avons pu démontrer, d'une part que l'action hypertensive de certaines amines aromatiques est augmentée par la cocaïnisation alors qu'elle n'est pas inversée par l'ergotaminisation ou la yohimbinisation, d'autre part que la yohimbine transforme en action vaso-dilatatrice l'action normalement vaso-constrictive de phénylamines dont elle ne peut inverser les effets hypertenseurs.

C'est pourquoi nous considérons, comme un caractère beaucoup plus important pour la classification des amines aromatiques, celui qui est basé sur l'action intestinale des doses élevées de ces substances. Nous avons pu, en effet, en nous basant sur ce caractère, classer ces corps en deux séries : d'une part celle des *amines adrénalinomimétiques vraies* qui, même aux doses les plus élevées, exercent, sur l'intestin *in situ*, une action inhibitrice, d'autre part celle des *amines à action partiellement nicotinique* dont les doses fortes manifestent sur cet organe un effet excito-moteur.

Mais il est un caractère distinctif qui nous paraît encore plus important. C'est celui qu'on peut tirer de l'action vasculaire des doses maximales des amines aromatiques. Nous avons pu, en effet, nous assurer par la technique

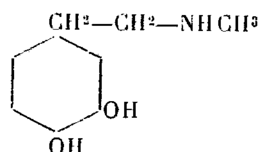
---

(¹) Nos protocoles expérimentaux et la littérature seront donnés dans un Mémoire d'ensemble.

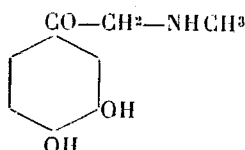
de Schilf par nous modifiée, que l'adrénaline, la dioxy-phényl-éthylméthylamine et le stryphnon sont vaso-constricteurs même aux concentrations les plus élevées, tandis que la phényléthylamine, l'éphédrine et la tyramine sont vaso-dilatatrices aux fortes concentrations. Nous avons pu, en outre, constater, par cette même technique, que les concentrations les plus élevées de chlorure de baryum — poison que l'on considère comme musculotrope type — sont vaso-constrictives, alors que les fortes concentrations de nicotine sont vaso-dilatatrices. Nous nous croyons donc autorisé à admettre, que les amines aromatiques, qui sont vaso-constrictives aux doses maximales, sont vraiment adrénalinomimétiques, tandis que celles qui deviennent vaso-dilatatrices aux fortes concentrations ont une action, partiellement au moins, nicotinique.

Si l'on tient cette classification pour exacte, et si l'on admet que le caractère essentiel des amines adrénalinomimétiques est de rester vaso-constrictives aux concentrations maximales, on peut, en ce qui concerne l'influence qu'exercent sur l'action biologique le nombre des oxhydriles et leur position dans la molécule, émettre les deux théorèmes suivants :

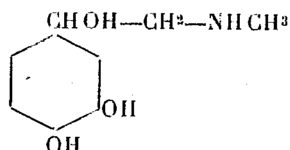
1° Pour qu'une amine aromatique ayant le même squelette que l'adrénaline ait une action adrénalinomimétique vraie, il suffit que sa molécule renferme deux oxhydriles phénoliques en position 3-4, et point n'est besoin qu'elle possède, en outre, un oxhydrile alcoolique fixé au carbone α de la chaîne latérale. En effet, bien que leur carbone α ne porte pas d'oxhydrile alcoolique, les deux substances ci-dessous se comportent comme l'adrénaline.



Dioxyphényléthylméthylamine.



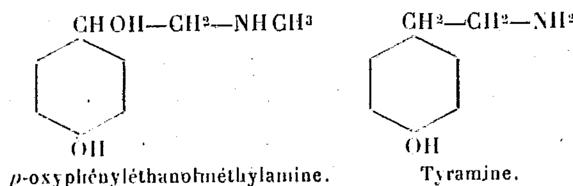
Stryphnon ou adrénalone.



Adrénaline.

2° Une phénylamine qui a le même squelette que l'adrénaline possède encore une action adrénalinométrique vraie quand on trouve dans sa molécule un oxhydrile phénolique en position para et un oxhydrile alcoolique fixé au carbone α de la chaîne latérale. Nous avons pu constater, en effet, qu'au contraire de la tyramine, la *p*-oxyphényléthanolméthylamine a une

action adrénalinique vraie ([1]),



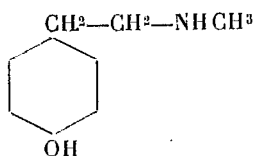
PHARMACODYNAMIE. — *Influence de l'injection intrarachidienne de cocaïne ou de ses succédanés sur l'action cardio-vasculaire de l'adrénaline.* Note ([2]) de M. **Fernand Mercier**, présentée par M. A. Desgrez.

Bien que de nombreux pharmacologistes se refusent à admettre l'existence d'une action centrale de l'adrénaline, il en est d'autres ([3]) qui ont prétendu que cette amine agirait à la fois sur des mécanismes périphériques et sur des mécanismes centraux. Certains travaux, en particulier ceux de Tournade ([4]), semblent avoir démontré la réalité de cette action.

Il nous a semblé que la technique employée par J. Régnier et nous ([5]) pour mesurer, par la rachianesthésie, l'activité réelle des anesthésiques locaux, était capable de nous fournir des renseignements intéressants sur la question de savoir quelle part jouaient les centres dans la production des effets vasculaires de l'adrénaline. En effet, l'injection d'un anesthésique local dans le canal rachidien permet de réaliser, si la dose injectée est suffisante, une véritable « section physiologique » de la moelle, de telle sorte que, dans les effets vasculaires observés postérieurement à cette section phy-

---

([1]) Cette action reste, il est vrai, hypothétique tant qu'on n'aura pas pu démontrer que la *p*-oxyphényléthylméthylamine



que nous étudions actuellement se comporte comme la tyramine.

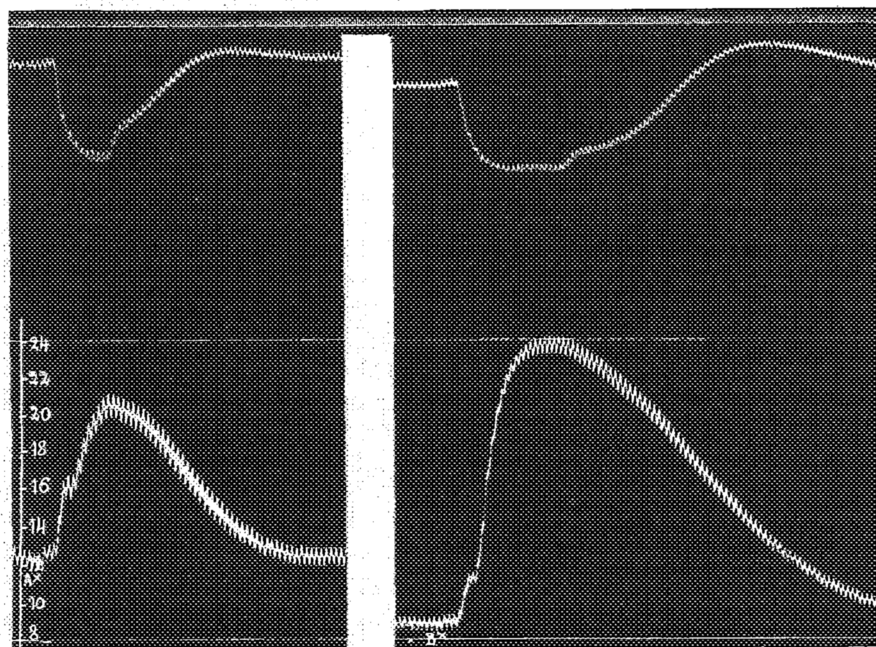
([2]) Séance du 23 mai 1932.

([3]) F. A. Hartman et L.-M. Fraser, *Amer. Journ. of Physiol.*, 44, 1917, p. 358-368; F. A. Hartman et R. S. Lang, *Endocrinology*, 3, 1919, p. 321-328.

([4]) A. Tournade, *C. R. Soc. Biologie*, 97, 1927, p. 1143-1144.

([5]) J. Régnier et F. Mercier, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 1321.

siologique, aucune action vasomotrice centrale, encéphalique ou médullaire, n'intervient plus, si l'animal, soumis à la respiration artificielle, a eu ses vagues sectionnés au début de l'expérience.



Chien ♂, 10kg,500, chloralosé (0g,11 par kilogramme) ayant ses vagues sectionnés au cou, soumis à la respiration artificielle. Première ligne : temps en secondes; deuxième ligne : volume du rein enregistré par l'oncographe de Hallion et Comte; troisième ligne : pression carotidienne enregistrée par le manomètre à mercure. En A et en B, injection intraveineuse de 3/100e de milligramme de chlorhydrate d'adrénaline. Entre A et B, l'animal a reçu une injection intrarachidienne de 5cg de chlorhydrate de cocaïne dissous dans 2cm³ de soluté physiologique de Na Cl; la deuxième injection d'adrénaline (en B) est faite 5 minutes après l'injection rachidienne de cocaïne. Tracés réduits de moitié.

Nous avons utilisé la technique suivante : chez le chien chloralosé, nous introduisons, par ponction lombaire, une certaire dose de cocaïne dissoute dans une quantité suffisante de soluté physiologique (en général 2cm³) pour que la solution anesthésique se répartisse dans tout le canal rachidien. Nous vérifions l'existence de la racianesthésie par l'excitation du bout central du sciatique, et nous comparons les effets cardiovasculaires produits par l'injection intraveineuse d'une même dose d'adrénaline avant et après rachianesthésie.

Nous avons procédé à deux séries d'expériences : d'une part, sur des chiens à pneumogastriques intacts; d'autre part, sur des chiens à vagues sectionnés et soumis à la respiration artificielle.

Nous avons, dans ces diverses conditions expérimentales, obtenu les résultats suivants :

1° Chez les chiens à vagues intacts, l'injection intrarachidienne de 5^{cs} de chlorhydrate de cocaïne, dissous dans 2^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium, modifie de façon marquée les effets cardiovasculaires de l'adrénaline : on note une augmentation nette et surtout une prolongation marquée de l'hypertension adrénalinique, coïncidant avec une bradycardie réflexe plus intense qu'au normal;

2° Chez les chiens à vagues sectionnés, on constate, après l'injection rachidienne de cocaïne, une augmentation considérable de l'intensité et de la durée de l'hypertension adrénalinique et une prolongation de la vasoconstriction rénale (voir la figure).

Ces modifications des effets vasculaires de l'adrénaline surviennent également, mais avec des modalités différentes et des intensités variables, si l'on injecte dans le canal rachidien un des succédanés suivants de la cocaïne : stovaïne, novocaïne, delcaïne.

En résumé, chez le chien chloralosé, l'influence de l'introduction dans le canal rachidien d'une dose de cocaïne (ou d'un de ses succédanés), suffisante pour réaliser une section physiologique de la moelle, se traduit par une augmentation nette de l'intensité et de la durée des effets hypertenseurs et vaso-constricteurs de l'adrénaline. Il semble donc que l'action paralysante exercée par les anesthésiques locaux sur les fonctions de la moelle, supprime un effet adrénalinique central, antagoniste de l'effet vasculaire périphérique de cette amine.

Il est permis de supposer que cet effet est la réaction vaso-dilatatrice centrale signalée par Tournade (1), cet auteur ayant établi que « toute élévation de pression artérielle agissant sur les centres encéphalo-bulbaires provoque une réaction correctrice de vaso-dilatation ».

---

(1) A. Tournade, *Ann. de Physiol. et de Physico-chimie biol.*, 1, 1925, p. 281-297.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur la présence de tyrosine et d'autres acides aminés libres dans un nævocarcinome apigmentaire.* Note [1] de MM. R. MONCEAUX et H. GODARD, présentée par M. Charles Richet.

La constitution chimique des protéines des tissus néoplasiques a fait l'objet de nombreuses recherches, qui ont porté surtout sur leurs produits d'hydrolyse. La présence d'acides aminés, à l'*état libre* dans les tumeurs, n'a été signalée que très rarement. Il s'agissait alors presque toujours de mélanosarcomes, et c'est pour tenter d'expliquer la formation de la mélanine dans ces tumeurs que différents auteurs ont été amenés à rechercher les chromogènes générateurs de mélanine. Gessard [2], en particulier dans les tumeurs mélaniques du cheval, a précisé la formation du pigment en isolant un ferment oxydant, la tyrosinase; et le chromogène lui-même, la tyrosine.

Il est maintenant établi que l'action des ferments oxydants sur certains acides aminés et diaminés à noyau aromatique provoque une condensation avec absorption d'oxygène et apparition de mélanine.

La tumeur que nous avons étudiée [3] présentait histologiquement les aspects morphologiques d'un nævocarcinome, mais avec de très rares amas de mélanine. L'aspect macroscopique était nettement blanc; elle avait été extraite chirurgicalement de la région axillaire, les autres métastases que nous avons pu examiner étaient également achromiques.

L'absence presque totale de pigment pouvait être liée à deux causes : 1° absence de chromogène, ou présence de corps prépigmentaires à un stade insuffisant de désintégration protéique; ou bien 2° à l'absence de ferment oxydant.

Pour la recherche du chromogène, la tumeur broyée a été épuisée par l'eau chloroformée et les acides aminés recherchés et isolés selon les techniques habituelles. Dans le groupe des acides aminés obtenus, nous avons pu faire cristalliser facilement la *tyrosine* et l'identifier par ses réactions

---

(1) Séance du 23 mai 1932.

(2) GESSARD, *Sur la formation du pigment mélanique dans les tumeurs du cheval* (*Comptes rendus*, 136, 1903, p. 1086).

(3) GODARD et HERRENSCHMIDT, *Tumeur axillaire quinze ans après électrolyse d'un nævus* (*Bull. Ass. franç. cancer*, 21, II, février 1932, p. 87).

microchimiques. Nous n'avons pu procéder à la séparation des autres acides aminés, obtenus en trop petite quantité.

La recherche des ferments oxydants a été effectuée sur une macération glycérinée de fragments de tumeur : elle a été complètement négative aussi bien pour la tyrosinase que pour les peroxydases.

Nous trouvons donc, dans ce nævocarcinome, un groupe d'acides aminés libres que l'on extrait de la tumeur par simple épuisement et dans lequel la tyrosine prédomine; on a donc bien affaire à un chromogène. C'est à l'absence du ferment oxydant qu'il faut attribuer la non-transformation du chromogène en mélanine et l'achromie de la tumeur.

La production de mélanine dans les tissus morbides est rare chez l'homme; elle présente toujours une signification redoutable, les tumeurs mélaniques étant *rapidement évolutives*. Il est donc extrêmement utile de préciser le mécanisme biochimique de ces cancers : la présence de ces acides aminés libres dans le cas que nous rapportons prend de ce fait une grande importance et appelle de nouvelles recherches expérimentales. A divers points de vue : clinique, biologique et chimique, il nous paraît intéressant de faire un groupe particulier de cancers : les cancers à acides aminés, avec prédominance de tyrosine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Au sujet des complexes caséinate, caséinophosphate de chaux dans le lait.* Note [1] de M. MAURICE PIETTRE, présentée par M. Achard.

Poursuivant, par la méthode analytique, nos recherches sur les constituants [2] du lait, nous avons, dans une Note du 23 novembre 1931, abordé l'étude du fractionnement des micelles du phosphate colloïdal en utilisant des moyens surtout physiques. Ces recherches nous ont conduit à deux conclusions importantes : la possibilité d'éliminer, d'un volume de lait donné, la totalité des phosphates calciques et d'obtenir la caséine pratiquement privée de chaux.

Dans une Note toute récente (2 mai 1932), M. Porcher et M[lle] Brigando

---

(1) Séance du 23 mai 1932.

(2) MAURICE PIETTRE, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2283; 178, 1924, p. 383; 192, 1931, p. 700; *Bulletin de l'Académie de Médecine*, 105, IX, 1931, p. 359.

viennent d'attribuer à ces faits des interprétations que nous estimons injustifiées.

Nous répondrons, restant uniquement sur le terrain des faits, par une description précise des conditions de nos expériences antérieures et nouvelles.

La *centrifugation* du lait frais, dégraissé, sépare bien les plus grosses micelles de phosphate tricalcique ; nos constatations ne font que confirmer celles de L. Van Slyke et W. Bosworth. Quatre nouveaux laits ont donné respectivement : $0^g,0302$, $0^g,0045$, $0^g,0062$, $0^g,0153$ de cendres phosphatées calciques.

La *dialyse contre eau distillée* est faite sur 100^{cm^3} de lait, en chambre froide à 0°. La membrane dialysante est de la cellophane commerciale, viscose gonflée à la glycérine, de porosité indéterminée et d'ailleurs variable. On laisse le lait 24 heures avec 450 ou 500^{cm^3} d'eau distillée et renouvelle celle-ci jusqu'à élimination des chlorures.

Dans certaines de ces expériences la première eau est légèrement louche, sans que l'étanchéité du système puisse être incriminée, mais le plus souvent limpide. Au bain-marie, une opalescence apparaît aussitôt, ou seulement après évaporation de 1/5, 1/4, 1/3 du volume primitif. La floculation du phosphate tricalcique se résout en grosses masses d'un blanc grisâtre se déposant assez rapidement ; ce n'est que plus tard, au voisinage de la siccité que se forme un nouveau précipité, de caractères très différents, fin, grenu, d'un blanc de craie, très fortement adhérent aux parois du cristallisoir.

Dans deux expériences nouvelles nous avons suivi la floculation fractionnée du phosphate tricalcique, dans la première eau de dialyse, maintenue 48 heures afin d'entraîner la presque totalité du lactose.

N° 1 : Vache normande (100^{cm^3} de lait) : première eau (450^{cm^3}), limpide, portée au bain-marie, l'opalescence se manifeste presque immédiatement. On recueille successivement $0^g,0190$-0,0041, et 0,0038 de phosphate tricalcique. Le reste, amené à siccité, sans séparer le précipité grenu, blanc, pèse $3^g,9150$ avec $0^g,3428$ de cendres.

N° 2 : Vache normande (100^{cm^3} lait) : première eau (550^{cm^3}), limpide. Au bain-marie, l'opalescence apparaît après évaporation de 200^{cm^3} d'eau. On pèse successivement $0^g,0181 - 0^g,0039 - 0^g,0028$ de phosphate tricalcique. L'extrait sec restant $= 4^g,1005$ et les cendres $= 0^g,3439$. Pour des quantités très sensiblement égales de phosphates isolés, d'extrait sec et de cendres on voit que ces deux laits se sont comportés d'une façon différente au point de vue floculation dans les eaux de dialyse.

La présence de phosphate tricalcique dans la dialyse aqueuse sur cellophane nous paraît donc bien établie. Jusqu'à ce que l'interprétation de M. Porcher se trouve étayée, non sur de simples affirmations, mais sur des recherches analytiques précises et l'étude « de la mécanique chimique des phosphates calciques » nous continuerons à penser que l'ultrafiltration de petites quantités de phosphate colloïdal, en même temps que des sels diffusibles, notamment des citrates, accompagne la dialyse du lactose qui, comme tous les sucres, entraîne aisément les sels de chaux.

La *dialyse contre glycérine* permet également de constater et de mesurer l'ultrafiltration de chaux colloïdale puisque l'analyse du contenu du dialyseur accuse une perte en CaO, variant de 29 à 33 pour 100 de la chaux initiale. La *dialyse contre glycérine* du lait additionné de $3^g,5$ pour 100 de *citrates* di ou trisodique de sodium, que nous avons appliqué les premiers, technique d'ailleurs bien connue en chimie analytique, réunit les conditions physiques suivantes : pH moyen des laits, 6,6; pH de la solution aqueuse de citrate neutre à 3,5 pour 100, 7,8; enfin pH moyen des mélanges laits-citrate, 7,4, c'est-à-dire très près de la neutralité physique. Dès lors on ne comprend pas l'objection des « quarante molécules de sodium », et encore moins l'affirmation d'un déplacement par un sel neutre, soluble, stable (citrate), du calcium, du caséinate de chaux, *corps insoluble puisque en suspension colloïdale*, et cela pour donner un citrate de Ca lui-même soluble.

On nous oppose *une* expérience dans laquelle la dialyse d'une solution de caséinate de Ca, en présence de $NaCl$, lui aurait enlevé le Ca presque en entier. Ni la physique, ni la chimie ne permettent actuellement d'expliquer une double décomposition de cette nature à l'aide d'un sel neutre aussi stable que $NaCl$. En outre, c'est supposer résolu le problème de *l'existence du caséinate de* Ca qui, croyons-nous, n'a pas encore été isolé du lait et dont il est difficile, par suite, de connaître la composition et de réaliser la synthèse.

On nous reproche de briser l'équilibre du lait, et cependant la technique analytique est la seule qui permette d'étudier les éléments et les conditions de cet équilibre.

Enfin nous ajouterons que la coagulation du lait, comme du plasma sanguin, etc., phénomènes loin d'être connus, n'est nullement une preuve de l'existence de complexes et encore moins de leur pureté. Au fur et à mesure des progrès de la recherche, les complexes, au sens chimique du mot, voient leur importance et leur nombre diminuer sans cesse.

Conclusion. — Les faits que nous avons signalés montrent que, dans le

lait, tout le phosphate colloïdal n'est pas au même degré d'agrégation micellaire. En outre, la possibilité d'obtenir la caséine pratiquement privée de phosphates calciques et de calcium, conduit au rejet des vieilles conceptions de Lindet sur les complexes caséinate et caséino-phosphate de chaux.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sensibilité du Spermophile* Citillus citillus *à la spirochétose ictérohémorragique.* Note (1) de M. **Jean Caminopetros**, présentée par M. Roux.

Au cours de recherches que nous avons entreprises sur la spirochétose ictérohémorragique en Grèce, nous avons été amené à rechercher la sensibilité d'un rongeur, le spermophile (*Citillus citillus*). Nous avons trouvé que cet animal possède vis-à-vis du spirochète ictérohémorragique murin et humain une sensibilité extrême, supérieure même à celle du cobaye.

La réceptivité du spermophile au virus ictérigène est, en effet, des plus constantes : quel que soit le mode d'inoculation (voie cutanée, sous-cutanée, intrapéritonéale), quel que soit le stade d'évolution du spirochète, quelle que soit l'origine du virus, murine ou humaine, qu'il s'agisse des produits spirochétifères ou des cultures, toujours le spermophile s'infecte et il meurt, alors même qu'un certain nombre des cobayes (pesant de 250 à 350^{g}) inoculés dans les mêmes conditions que les spermophiles survit. La durée de la maladie ne dépasse jamais dix jours; elle varie de 6 à 8 jours; l'infection se généralise rapidement; dejà 48 heures après l'inoculation, des spirochètes sont décelables dans le sang périphérique par l'examen à l'ultramicroscope.

Le spermophile tombe en paralysie deux jours, en règle générale, avant de succomber; l'ictère est très net aux muscles et aux cartilages des côtes, il est moins accusé à la peau et aux muqueuses à cause de leur pigmentation naturelle foncée; l'urine est toujours très bilieuse; les poumons sont le siège de foyers hémorragiques et l'intestin est très congestionné; dans le péritoine il y a toujours une certaine quantité d'épanchement hémorragique; en général tous les viscères sont le siège d'hémorragies ; la rate est nettement très grosse ainsi que le foie. A l'examen histologique, les viscères

(1) Séance du 23 mai 1932.

montrent des lésions analogues à celles qu'on observe chez le cobaye. La recherche du spirochète dans l'organisme montre des parasites en très grande quantité, dans tous les viscères sans exception ; sur des frottis du poumon, de la rate, colorés au Giemsa ou sur des coupes nitratées, l'abondance des spirochètes, à l'encontre de ce qu'on observe en général chez le cobaye, est extrême ; le nombre considérable des parasites sur les frottis de n'importe quel organe (poumon, rate, foie, rein, surrénale) rehausse la valeur du spermophile pour le diagnostic rapide dans les cas d'infection humaines.

La culture du spirochète est très aisée à partir des organes du spermophile infecté, soit par ensemencement de petits morceaux d'organes, soit par ensemencement d'urines dans le milieu liquide (milieu A) ou semi-solide (milieu B) de Noguchi.

Les passages en séries de spermophile à spermophile sont réalisés facilement par inoculation du sang d'animal infecté prélevé avant sa mort ou d'une petite quantité d'émulsion de viscères broyés. L'infection de l'animal est fatale dans tous les cas.

Il serait intéressant de savoir, si, en Russie où le spermophile est très répandu, cet animal se montrerait sensible au spirochète de la « Schlammfieber » qui n'est pas pathogène pour le cobaye.

Nous pouvons conclure de nos expériences que :

1° Le spermophile *Citillus citillus* est d'une extrême sensibilité à la spirochétose ictérohémorragique murine et humaine ; il fait une maladie suraiguë qui est transmissible en série ;

2° Le spermophile est plus réceptif que le cobaye au spirochète ictérohémorragique ; les spirochètes pullulent dans tous les viscères sans exception, et leur recherche sur frottis est très aisée. Tous ces caractères font du spermophile, à un plus haut degré encore que du cobaye, le véritable animal réactif de la spirochétose ictérohémorragique.

A 15h50m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h20m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 JUIN 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **FRANCISCO MIRANDA DA COSTA LOBO**, professeur de l'Université de Coïmbre, qui assiste à la séance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Essai de théorie coordinative de la constitution des composés organiques.* Note de M. **G. URBAIN**.

Pour former la liaison C — H, l'atome d'hydrogène doit céder à l'atome de carbone son unique électron. D'où il résulte que, dans le méthane CH^4, l'atome de carbone porte sur son orbite L 8 électrons. Il a alors la structure d'un atome de néon.

Par contre, pour former la liaison C — Cl, l'atome de carbone doit céder à l'atome de chlore un électron; de sorte que, dans le tétrachlorure de carbone CCl^4, l'atome de carbone a perdu, au bénéfice du chlore, la totalité de ses électrons périphériques. Il a alors la structure d'un atome d'hélium.

Nous dirons que, dans CH^4, le carbone est électro-tétravalent négatif, et qu'il est électro-tétravalent positif dans CCl^4; ou encore qu'il a l'électrovalence — 4 dans le méthane, et l'électrovalence + 4 dans le tétrachlorure de carbone.

Cette manière de voir, conforme aux principes fondamentaux de l'électronique, revient à admettre que, dans les composés organiques, les différents atomes, y compris ceux de carbone, sont porteurs de charges électriques. Ce sont des *ions dissimulés*, comme on dit dans le langage de la théorie des complexes minéraux — ou encore *liés*.

Ces charges existent, en effet, puisque les molécules organiques admettent des moments électriques et que ceux-ci peuvent être mesurés. Ils peuvent même être calculés à partir de modules d'après les représentations stéréochimiques, comme l'a montré M. Allard [1].

Ces charges, que l'expérience met ainsi en évidence, ne peuvent théoriquement provenir que de transferts d'électrons. La mise en commun d'électrons d'atomes liés n'est pas admise dans cette doctrine, les électrons en cause doivent contribuer soit à la structure de l'un, soit à la structure de l'autre de ces atomes, suivant le signe du moment qui correspond à leur liaison.

Il résulte des considérations précédentes que, dans les composés organiques, l'électrovalence du carbone peut prendre toutes les valeurs comprises entre -4 et $+4$. Nous venons de voir que ces électrovalences assurent des *liaisons d'électrovalence* — des *électro-liaisons* — par simple transfert d'électrons. Il existe d'autre part, comme nous le démontrerons plus loin, des liaisons d'une autre nature. L'épithète d'*homéopolaire* leur conviendrait, si les atomes qu'elles unissent étaient nécessairement de même signe et leurs électrovalences de même valeur. Mais le développement de ce qui va suivre montrerait qu'il ne peut en être ainsi dans tous les cas. Ces liaisons sont attribuables aux attractions qui peuvent s'exercer entre les ondes qui, d'après la Mécanique ondulatoire, font cortège aux électrons dans l'espace à six dimensions qui est celui de leur univers. Ce seraient alors des *liaisons d'ondes*, ou, si l'on ne veut rien préjuger de leur origine, des *liaisons neutres*.

Dans la théorie des complexes minéraux, des *valences* dites *supplémentaires* sont responsables de telles liaisons neutres. Ce terme ne saurait, sans équivoque, être employé dans une théorie relative à la chimie organique où il est déjà appliqué dans un sens différent.

La somme des électrovalences et des *valences neutres* d'un atome est l'*indice de coordination* ou *coordinence* de cet atome. Dans la théorie organicienne classique, cette coordinence porte le nom de *valence principale*. D'après le principe de Kékulé, la coordinence d'un atome de carbone est généralement égale à 4. Mais ce principe souffre des exceptions, ainsi qu'en témoigne l'existence des nombreux *radicaux libres* récemment isolés.

Les liaisons de carbone à carbone, comme nous le montrerons, sont généralement neutres. D'autre part, les autres atomes sont généralement liés au

---

[1] Allard, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1455.

carbone par des électro-liaisons. Neutralisant les électrovalences du *carbone central* auquel ils sont liés, ils forment avec lui des groupes neutres qui peuvent être considérés comme de véritables *molécules simples*.

Celles-ci sont, en général, trop instables pour subsister à l'état libre. Mais, en faisant partie intégrante de *molécules complexes*, elles acquièrent la stabilité nécessaire. Le cas est assez fréquent dans la chimie des complexes minéraux pour qu'il ne soit nullement surprenant qu'il se présente plus fréquemment encore dans la chimie organique.

Il est ainsi légitime de considérer les molécules organiques riches en atomes de carbone comme des grappes de molécules très simples.

Cette manière de voir permet d'appliquer immédiatement à de nouveaux composés organiques, avec un minimum de changements, les principes de la théorie des complexes minéraux sans porter atteinte à ce qu'il y a d'essentiel et de solidement prouvé dans la théorie organicienne classique.

Puisque les atomes de carbone portent des charges, celles-ci doivent obéir aux règles électrochimiques qui, d'un point de vue théorique et d'une manière générale, dominent les phénomènes d'oxydation et de réduction. Ces règles doivent, d'autre part, se concilier avec celles qui, d'après la doctrine organicienne, régissent les substitutions, et qui permettent les synthèses des molécules les plus lourdes à partir des plus légères.

A cet égard, nous envisagerons ici deux réactions parmi les plus générales qui figurent à la base de la synthèse organique :



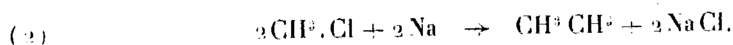
$$(1) \qquad CH^4 + Cl^2 \rightarrow CH^3Cl + HCl.$$

Cette réaction n'est pas seulement une réaction de substitution, mais encore une réaction d'oxydation au sens électrochimique du terme. En effet, dans la molécule Cl^2, chacun des chlores est un atome neutre et ils sont unis par une liaison neutre. Après la réaction, chacun d'eux possède une charge négative. Chacun a donc gagné un électron. Ces deux électrons ne peuvent provenir que de l'atome de carbone, puisque, dans la molécule CH^4, il est seul à en posséder. Ce transfert est une véritable oxydation du carbone qui, de la valence -4, a dû passer ainsi à une valence plus élevée dont la valeur est nécessairement -2.

Le carbone étant électrodivalent dans le chlorure de méthyle, celui-ci doit admettre, *en notation dualistique*, la formule CH^2, HCl. C'est un chlorhydrate de méthylène, comme NH^3, HCl est un chlorhydrate d'ammoniac. Et de même qu'en *notation unitaire* NH^4Cl est un chlorure d'ammonium, CH^3Cl est justement considéré comme un chlorure de méthyle.

Ainsi dans $\overset{+}{CH^3}.\overset{-}{Cl}$, le radical méthyle se présente comme un ion lié, positif et monovalent, alors que le carbone y est lui-même négatif et électrodivalent.

Considérons maintenant la deuxième réaction de substitution, fondamentale pour la théorie organicienne des structures et des synthèses :



$$(2) \qquad 2CH^3.Cl + 2Na \rightarrow CH^3CH^3 + 2NaCl.$$

Là encore il n'y a pas seulement substitution, mais encore réduction.

En effet, les deux atomes de sodium qui figurent dans le premier membre de l'équation sont neutres. On les retrouve, après la réaction, à l'état de chlorure de sodium, où ils sont positifs. Chacun d'eux a dû perdre un électron. Comme dans l'un et l'autre membre de l'équation les atomes de chlore sont chargés négativement (et par conséquent sont saturés d'électrons), les électrons perdus par les sodiums ne pouvent avoir été recueillis que par les carbones. Chacun des carbones, de négatif et électrodivalent qu'il était, est donc devenu électrotrivalent tout en restant négatif. Ces carbones ont été ainsi *réduits* au sens électrochimique du terme. Le radical CH^3 lui-même est devenu neutre, pouvant faire ainsi figure de molécule simple. Trop instable pour subsister à l'état libre (PANETH, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 64, 1931), il se soude à lui-même pour former une molécule double (donc complexe) qui est l'éthane. La liaison des deux méthyles ne peut être dans ces conditions qu'une liaison neutre, ce qui est justifié par la valeur nulle du moment électrique de l'éthane.

Par des raisonnements semblables, on démontrerait que l'électrovalence du carbone doit avoir la valeur zéro dans le chlorure de méthylène CH^2Cl^2; que dans l'éthylène CH^2CH^2, l'électrovalence des carbones doit avoir la valeur -2, la liaison des deux carbones étant une liaison neutre; que, dans l'acétylène $CH.CH$ chaque carbone doit avoir l'électrovalence -1, la liaison des deux carbones étant également neutre. La neutralité des liaisons de carbone à carbone ressort ici de la valeur nulle des moments électriques de l'éthylène et de l'acétylène.

Les liaisons de carbone à carbone ne ressortissaient pas à la systématique des complexes minéraux suivant A. Werner. Des liaisons du même genre existent cependant en chimie minérale, telles celles qui unissent l'azote à l'azote dans N^2O^4, et le fer au fer dans Fe^2Cl^6. On ne peut douter de leur légitimité.

Signalons encore que dans le chloroforme CCl^3H, le carbone admet

l'électrovalence + 2, ce qui permet de considérer le chloroforme comme un chlorhydrate de chlorure carboneux CCl^2, HCl.

Nous remarquerons enfin que, dans le sodium-méthyle CH^3. Na, le carbone a nécessairement l'électrovalence — 4, et que le radical CH^3 s'y présente comme négatif et monovalent. Ainsi le même radical CH^3 peut être soit positif (CH^3. Cl), soit neutre (CH^3. CH^3), soit négatif (CH^3. Na). Les électrovalences du carbone y varient en conséquence.

Si maintenant on substituait, aux atomes H des formules précédentes, des radicaux aryles, il n'y aurait qu'à répéter ce qui vient d'être dit pour faire une théorie des radicaux libres à atome de carbone de valence organicienne aberrante. Ainsi la théorie des radicaux libres se présente, dans cet essai de théorie coordinative, comme un cas particulier d'une doctrine plus générale et l'existence réelle de ces radicaux comme un fait parfaitement normal.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le régime non turbulent au delà du critérium des tourbillons alternés.* Note (1) de MM. C. Camichel, P. Dupin et M. Teissié-Solier.

Nos recherches antérieures (2) concernant l'étude du sillage d'un obstacle immergé dans un courant liquide ont montré, pour des nombres de Reynolds légèrement supérieurs au criterium des tourbillons alternés de Bénard-Karmann, la coexistence de ces tourbillons et du régime non turbulent caractérisé par les courbes $\alpha\beta$. Pour préciser ce point, il nous a paru intéressant de rechercher si les propriétés de ces courbes varient d'une façon continue en fonction du nombre de Reynolds quand on dépasse le critérium des tourbillons alternés.

Pour examiner cette question, nous avons utilisé un obstacle de section trapézoïdale, ayant comme base 10 et 20^{mm} et comme épaisseur 5^{mm}, placé dans l'axe d'un ajutage à section carrée de 40^{mm} de côté, ses extrémités s'appuyant aux parois. Le liquide employé était de l'huile ayant comme coefficient cinématique de viscosité à $13°,6$, $\mu/\rho = 0,30$. Le biseau de cet obstacle était orienté vers l'aval. Nous avons déterminé, pour des nombres de Reynolds croissants, la vitesse en des points M voisins de la face AB de

(1) Séance du 30 mai 1932.

(2) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1556.

l'obstacle (*fig.* 1) et situés à des distances respectives de $0^{mm},82$ et de $0^{mm},41$

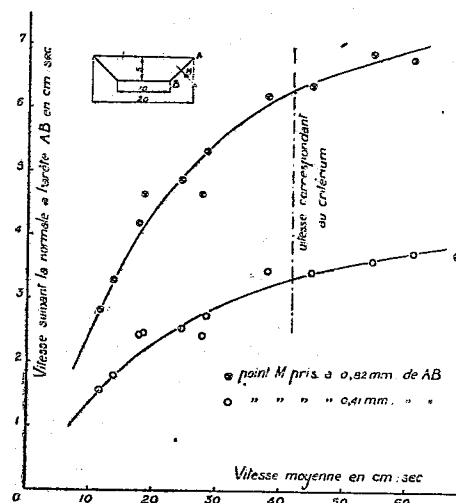


Fig. 1. — Forme et dimensions de l'obstacle et courbes donnant la valeur de la vitesse au point M en fonction de la vitesse moyenne dans l'ajutage.

de cette paroi sur la normale au millieu de celle-ci. Sur les figures 2 et 3 sont reproduites deux chronophotographies correspondant à des nombres

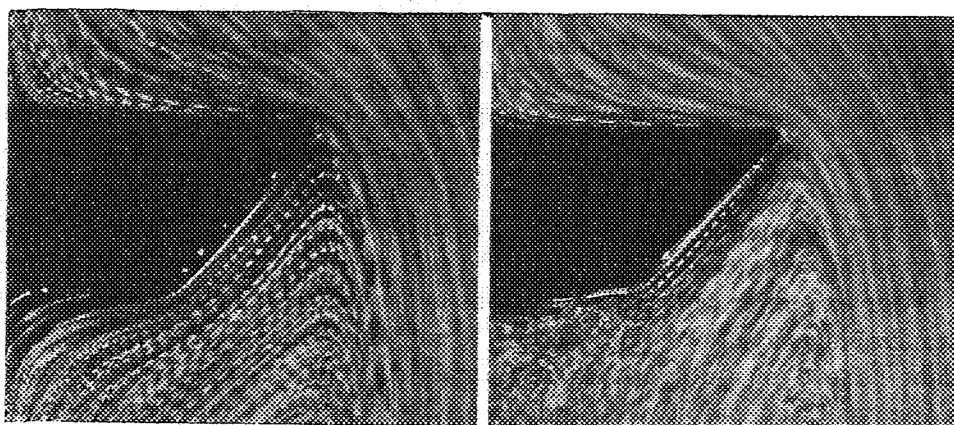


Fig. 2. — Chronophotographie correspondant à un nombre de Reynolds inférieur au critérium des tourbillons alternés.

Fig. 3. — Chronophotographie correspondant à un nombre de Reynolds supérieur au critérium des tourbillons alternés.

de Reynolds inférieurs (*fig.* 2) et supérieurs (*fig.* 3) au critérium des tourbillons alternés. La courbe $\alpha\beta$ étant arc-boutée contre la paroi et protégée par celle-ci contre l'influence des tourbillons alternés, le régime non turbu-

lent se conserve dans cette portion du liquide pour des vitesses bien supérieures à celles qui correspondent au critérium, alors que les autres portions de la même courbe $\alpha\beta$ sont complètement disloquées par les tourbillons alternés (*fig.* 3).

Nous avons pris une série de chronophotographies pour des vitesses croissantes du liquide, et pour chacune d'elles, nous avons construit la courbe C de répartition des vitesses sur la normale au milieu de la paroi AB. Les débits étaient déterminés par des jaugeages et permettaient ainsi de connaître la vitesse moyenne dans l'ajutage. Nous avons déduit, des courbes C, les courbes ayant comme abscisses les vitesses moyennes dans l'ajutage, et comme ordonnées les vitesses correspondant aux points M. Ces courbes sont régulières et ne présentent pas d'anomalies systématiques quand on dépasse le critérium des tourbillons alternés (*fig.* 1). On peut dire par conséquent que le régime non turbulent au voisinage d'un obstacle se prolonge d'une façon continue pour des nombres de Reynolds supérieurs au critérium lorsque les tourbillons alternés sont complètement établis.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles recherches sur la descendance de certaines Composées greffées.* Note de M. Lucien Daniel.

Dans des travaux antérieurs ([1]), j'ai montré que les descendants des *Helianthus*, des *Tanacetum* et des *Artemisia* greffés dans certaines conditions subissent au bout d'un temps variable cet ébranlement de l'espèce ou affolement qui permet, par sélection, d'obtenir des variétés nouvelles.

Chez les *Helianthus tuberosus Mangini* et quelques autres formes obtenues par semis des graines du type greffé sur Soleil annuel, j'ai observé l'an dernier deux formes nouvelles, l'une à feuilles alternes, l'autre à feuilles verticillées par trois. Les ayant multipliées en février dernier par tubercules, j'ai constaté que la plupart des exemplaires ont reproduit ces anomalies. Je continuerai cette sélection et j'espère fixer les deux caractères.

Les exemplaires de l'*Artemisia Absinthium* provenant de semis faits en 1929 se sont comportés de façon particulièrement intéressante. Aucun

([1]) Lucien Daniel, *Études sur la greffe*, 3, p. 1216 et suiv., Rennes, 1930; *Persistance et accentuation des variations du Topinambour greffé sur le Soleil annuel* (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 904).

ne se ressemble entièrement comme morphologie et rythme de développement. Les variations observées se sont produites en plusieurs directions.

Certaines, dues aux changements de *nutrition* consécutifs à la symbiose, correspondent aux périodes de suralimentation ou de disette subies par

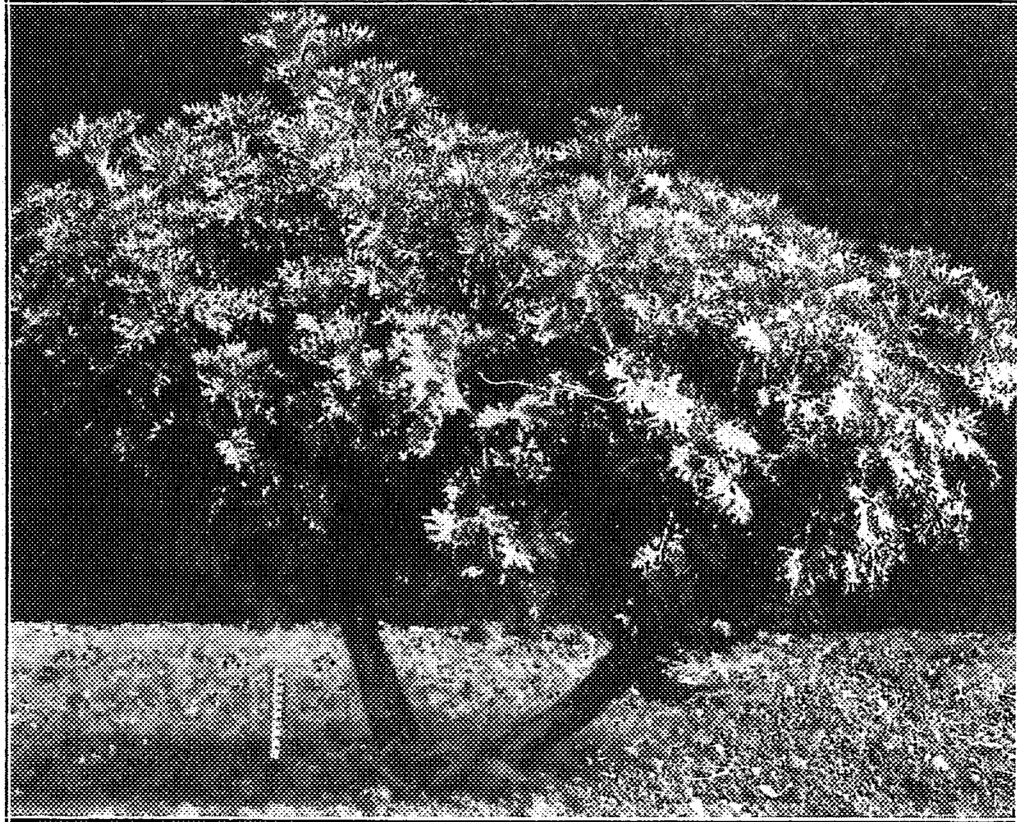


Fig. 1. — Exemplaire arborescent d'Absinthe à tiges aériennes très ligneuses, devenues vivaces et polycarpiques. A gauche est placé un décimètre.

l'épibiote au cours de son existence prolongée. Telles sont les modifications observées dans les dimensions de l'appareil végétatif ou reproducteur, dans la forme, le parfum, le goût, la teinte des feuilles et des tiges.

Quelques-unes sont *orientées* dans le sens de l'hypobiote qui a transmis plusieurs de ses caractères spécifiques aux descendants de son conjoint. Telles sont l'augmentation de la durée de la vie des pousses annuelles devenues *vivaces*, leur *transformation ligneuse* et l'augmentation de leur épaisseur qui leur permet d'atteindre un diamètre de 3^{cm} environ (*fig.* 1); la

disposition *frutescente* de certains individus ramifiés dès la base sur l'axe principal et prenant des dimensions anormales; enfin la disposition *arbo-*

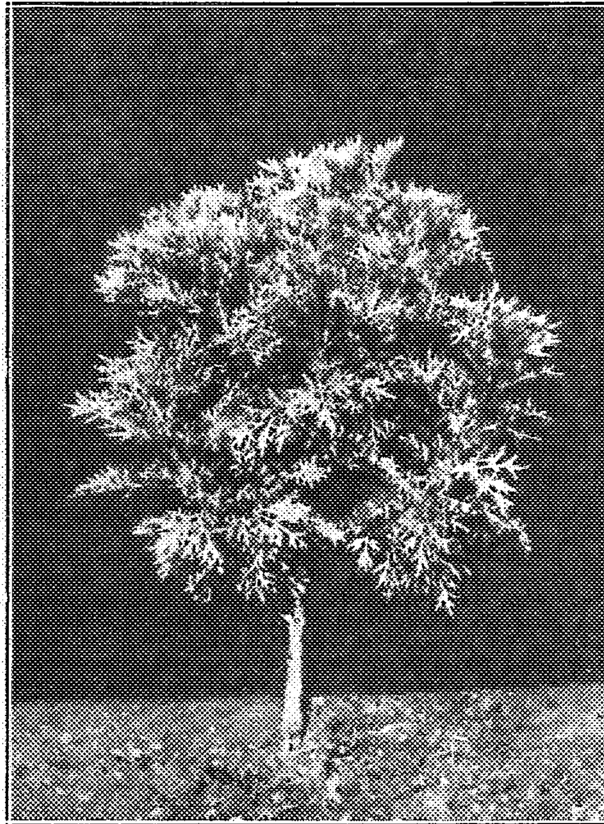


Fig. 2. — Autre exemplaire arborescent d'Absinthe, âgé de deux ans, qui va fleurir cet été.

rescente, particulièrement nette chez un exemplaire (*fig.* 2) qui possède actuellement un tronc de 20^{cm} de haut surmonté d'une charpente en boule de 60^{cm} de hauteur.

Une troisième série de modifications a porté sur les rythmes de végétation et l'acquisition de propriétés nouvelles n'existant ni chez l'un, ni chez l'autre des symbiotes. Ainsi des pieds du semis de 1930 ont fleuri au cours de l'été 1931 puis sont morts en entier l'hiver dernier, devenant ainsi *bisannuels*. D'autres n'ont pas fleuri en 1931, mais vont fleurir cette année pour mourir ensuite comme j'en ai antérieurement déjà observés, et ils seront ainsi *pluriannuels*. Quelques-uns ont fleuri en 1931 et, après avoir

passé l'hiver, leur tige a fourni au voisinage de l'inflorescence des pousses de remplacement vigoureuses (*fig.* 1) qui vont fleurir cette année en donnant une Absinthe arborescente *vivace par ses parties aériennes*. Les exemplaires restants ont fourni une très singulière disjonction des caractères spécifiques de *durée* et de *fructification*. Sur d'assez nombreux exemplaires j'ai observé à la fois, soit des tiges aériennes bisannuelles et d'autres plurannuelles monocarpiques, soit des tiges bisannuelles ou plurannuelles monocarpiques coexistant avec des tiges aériennes vivaces polycarpiques.

Enfin, chez des pieds plurannuels à tiges allongées herbacées, la tendance au marcottage est apparue. Cette dernière série de transformations rappelle celle du *Tanacetum Balsamita* [1] et a sans doute la même origine. Au printemps, ces tiges ont formé à leur sommet des touffes plus ou moins volumineuses de rameaux feuillés. Peu à peu, leur poids augmentant, celles-ci se sont couchées sur le sol pour s'y enraciner.

M. A. Calmette fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de ses collaborateurs, MM. L. Nègre et A. Boquet, *Sur le traitement de la tuberculose par l'antigène méthylique (antigénothérapie)*, dont il a écrit la *Préface*.

Il offre en outre un exemplaire du volume que vient de publier l'Institut Pasteur sur la *Vaccination préventive de la tuberculose de l'homme et des animaux par le BCG (Documents et rapports provenant des divers pays, la France exceptée, et transmis à l'Institut Pasteur en* 1932).

De la part des auteurs MM. André Nessi et Léon Nisolle, M. d'Ocagne fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Appareils pour le calcul mécanique de l'intégrale du produit de deux fonctions*, brochure dont il a lui-même écrit la *Préface*. Construits en vue de la résolution de problèmes soulevés par l'étude d'installations de chauffage fonctionnant en régime discontinu, ces appareils peuvent être utilisés pour maints autres problèmes d'intégration, notamment pour ceux qui se présentent à l'occasion de la détermination des moments et centres de gravité, de la résolution d'équations intégrales linéaires du type de Volterra ou du type de Fredholm, du calcul des coefficients des développements en série de Fourier.

---

[1] Lucien Daniel, *Marcottage naturel des rhizomes aériens du* Tanacetum Balsamita *greffé sur le* Chrysanthemum frutescens (*Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1377).

Sir **A. E. Wright** fait hommage à l'Académie de son Ouvrage *Principles of Microscopy, being a Handbook to the Microscope.*

ÉLECTIONS.

M. **Émile Picard** est réélu membre de la Commission administrative de la Fondation Carnegie (*Fonds des Héros français*).

NOMINATIONS.

M. **M. d'Ocagne** représentera l'Académie (avec les membres déjà désignés) au *Cinquième centenaire de l'Université de Caen*, dont la date est définitivement fixée aux 9, 10 et 11 juillet 1932.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de *Cryptogamie* vacante au Muséum national d'Histoire naturelle, pour la première ligne, M. *Pierre Allorge* obtient 41 suffrages contre 8 à M. *Roger Heim*. Pour la seconde ligne, M. *Roger Heim* obtient 38 suffrages. Il y a un bulletin nul et un bulletin blanc.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne............... M. **Pierre Allorge**
En seconde ligne................ M. **Roger Heim**

CORRESPONDANCE.

M. **René Dubrisay** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1931.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° A. Brester et T. van Lohuizen. *Le Soleil. Ses phénomènes les plus importants, leur littérature et leur explication.*

2° *Théorie de la quantification dans la nouvelle Mécanique*, par Louis de Broglie. (Présenté par M. É. Borel.)

3° *De l'emploi des droites isotropes comme axes de coordonnées. Nouvelle géométrie du triangle*, par André Haarbleicher. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

GÉOMÉTRIE. — *Les invariants intégraux et la topologie de l'espace projectif réglé.* Note de M. **Ehresmann**, présentée par M. Élie Cartan.

M. Cartan a montré (¹) que, dans un espace homogène à groupe fondamental clos, la détermination des invariants intégraux fournit des renseignements précis sur la topologie de cet espace. On peut appliquer ces idées à l'étude de la variété formée par les droites, ou plus généralement par les plans ou hyperplans à k dimensions, de l'espace projectif complexe à n dimensions complexes.

Le groupe G projectif unimodulaire de la forme d'Hermite

$$x_1\overline{x_1} + x_2\overline{x_2} + \ldots + x_{n+1}\overline{x_{n+1}}$$

transforme transitivement la variété des droites de l'espace projectif (x_1, x_2, ..., x_{n+1}). L'espace des droites, qui admet G comme groupe fondamental clos, est symétrique, car le sous-groupe g qui laisse invariante la droite origine ($x_3 = \ldots = x_{n+1} = 0$) est le plus grand sous-groupe invariant pour l'involution

$$x'_1 = x_1, \qquad x'_2 = x_2, \qquad x'_3 = -x_3, \qquad \ldots, \qquad x'_{n+1} = -x_{n+1}.$$

En remplaçant $x_3, x_4, \ldots, x_{n+1}$ par $y_1, \ldots, y_q$, le sous-groupe g s'écrit

$$\begin{aligned} x'_1 &= a_{11}x_1 + a_{12}x_2, \\ x'_2 &= a_{21}x_1 + a_{22}x_2, \\ y'_1 &= \ldots\ldots\ldots\ldots\ b_{11}y_1 + \ldots + b_{1q}y_q, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ y'_q &= \ldots\ldots\ldots\ldots\ b_{q1}y_1 + \ldots + b_{qq}y_q. \end{aligned}$$

(¹) *Annales de la Soc. pol. de Math.*, 8, 1929, p. 181-225.

Les transformations infinitésimales qui changent de signe pour l'involution considérée sont

$$\begin{aligned}
\delta x_1 &= \ldots\ldots\ldots\ldots - \bar{\omega}^1_1 y_1 - \bar{\omega}^1_2 y_2 \ldots - \bar{\omega}^2_q y_q,\\
\delta x_2 &= \ldots\ldots\ldots\ldots - \bar{\omega}^2_1 y_1 - \bar{\omega}^2_2 y_2 \ldots - \bar{\omega}^2_q y_q,\\
\delta y_1 &= \omega^1_1 x_1 + \omega^2_1 x_2,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots,\\
\delta y_q &= \omega^1_q x_1 + \omega^2_q x_2.
\end{aligned}$$

Elles transforment la droite origine en la droite d'équations

$$\begin{aligned}
y_1 + \omega^1_1 x_1 + \omega^2_1 x_2 &= 0,\\
\ldots\ldots\ldots\ldots&,\\
y_q + \omega^1_q x_1 + \omega^2_q x_2 &= 0.
\end{aligned}$$

Les quantités ω^i_j et $\overline{\omega^i_j}$ peuvent être considérées comme les coordonnées des droites infiniment voisines de la droite origine. Lorsque les x et les y sont transformés par g, les variables ω^i_j et $\overline{\omega^i_j}$ sont transformées suivant un groupe linéaire γ qui opère en définitive de la façon suivante :

Les ω^i_j sont multipliées d'abord par un même facteur $e^{i\theta}$ et ensuite ω^i_j est transformé comme le produit $\overline{x_i} y_j$, où les x et les y subissent des transformations hermitiennes *unimodulaires*.

Un invariant intégral dans l'espace des droites correspond à une forme extérieure en ω^i_j et $\overline{\omega^i_j}$ à coefficients constants et invariante par le groupe γ. Le raisonnement fait par M. Cartan à propos de l'espace projectif ponctuel donne le résultat suivant :

Il n'y a que des invariants intégraux d'ordre pair. Le nombre d'invariants intégraux linéairement indépendants d'ordre $2s$ est égal à la valeur moyenne du carré du module du caractère du groupe linéaire γ_s suivant lequel sont transformés les produits extérieurs $[\omega^{i_1}_{j_1} \omega^{i_2}_{j_2} \ldots \omega^{i_s}_{j_s}]$.

Pour trouver cette valeur moyenne, nous réduisons γ_s en groupes linéaires irréductibles. Un tel groupe irréductible sera équivalent au produit de deux représentations linéaires irréductibles d'ordre s respectivement des deux groupes hermitiens unimodulaires dont l'un opère sur les x et l'autre sur les y. D'après M. H. Weyl (1), une représentation linéaire irréductible du premier groupe, de poids dominant $\alpha_1 \lambda_1 + \alpha_2 \lambda_2$, est associé à un certain schéma de deux lignes que nous désignons par $(\alpha_1 \alpha_2)$ avec $\alpha_1 + \alpha_2 = s$ et $\alpha_1 \geqq \alpha_2 \geqq 0$. Une représentation linéaire irréductible du

(1) *Math. Zeitschrift*, 23, 1925, p. 287.

deuxième groupe, de poids dominant

$$\beta_1\mu_1+\beta_2\mu_2+\ldots+\beta_p\mu_p, \quad \text{où} \quad p<q \quad \text{et} \quad \beta_1+\beta_2+\ldots+\beta_p=s,$$

correspond à un autre schéma (β). Pour que le produit de ces deux représentations figure dans la réduction de γ_s, il faut et il suffit que l'on passe du schéma (α_1, α_2) au schéma (β) par l'échange des lignes et des colonnes. A chaque schéma (α_1, α_2) avec au plus q colonnes correspond alors un groupe irréductible et un seul contenu dans γ_s, la variable dominante étant

$$[\omega'_1\omega'_2\ldots\omega'_{\alpha_1}\omega_1^2\omega_2^2\ldots\omega_{\alpha_2}^2].$$

D'où :

Théorème. — *La valeur moyenne du carré du module du caractère de* γ_s *est égal au nombre de schémas* (α_1, α_2) *avec* $q\geqq\alpha_1\geqq\alpha_2\geqq 0$ *et* $\alpha_1+\alpha_2=s$.

A chaque groupe irréductible obtenu correspond une forme extérieure invariante d'ordre $2s$ que nous désignons par $\Omega(\alpha_1, \alpha_2)$ et qui fournit une intégrale de différentielle exacte. Cette intégrale est nulle lorsqu'on l'étend à une variété fondamentale de Schubert $[a_1, a_2]$ à s dimensions complexes, sauf si la variété a pour symbole $[\alpha_2, \alpha_1+1]$. Les formes Ω n'étant définies qu'à un facteur constant près, on peut supposer que $\int\Omega(\alpha_1, \alpha_2)$ étendue à $[\alpha_2, \alpha_1+1]$ soit égale à 1.

D'après les théorèmes démontrés par M. de Rham (¹), on peut conclure : Dans l'espace complexe des droites, les nombres de Betti relatifs aux dimensions impaires sont nuls. Une base de l'homologie avec division pour les cycles de dimension $2s$ est fournie par les variétés fondamentales de Schubert $[a_1, a_2]$ avec $a_1+a_2=s+1$.

Les résultats précédents se généralisent facilement quand on considère la variété des hyperplans à k dimensions de l'espace projectif complexe à n dimensions.

GÉOMÉTRIE. — *Certaines courbes qui généralisent les coniques.* Note (²) de M. **D. V. Jonesco**, présentée par M. Élie Cartan.

Je me propose de montrer quelques problèmes sur le mouvement d'un point dont les trajectoires sont des courbes généralisant les coniques.

I. Je cherche d'abord le mouvement d'un point M dont la projection de

---

(¹) *Journ. de Math. pures et appl.*, 10, 1931, p. 115-200.

(²) Séance du 8 février 1932.

la vitesse sur la perpendiculaire au rayon vecteur est égale à une constante k, et dont la projection sur une droite fixe Δ est animée d'un mouvement uniforme de vitesse a.

En prenant la droite Δ comme axe Oy, on trouve que l'équation de la trajectoire en coordonnées polaires est

$$(1) \qquad r = A \frac{\operatorname{tang}^{\frac{a}{k}} \frac{\theta}{2}}{\sin\theta},$$

où A est une constante quelconque.

L'accélération du point M est parallèle à l'axe Ox, et a pour expression

$$\vec{J} = -\frac{k^2}{A} \operatorname{cotg}^{\frac{a}{k}-1} \frac{\theta}{2} + \frac{k(k-a)}{A} \frac{\operatorname{cotg}^{\frac{a}{k}} \frac{\theta}{2}}{\sin\theta}.$$

Pour $a = k$, on retrouve un résultat classique, la trajectoire est une parabole, et l'accélération est constante.

Les courbes représentées par l'équation (1) ont la propriété suivante : en désignant par Q le point où la tangente en M rencontre l'axe Ox, on a

$$(2) \qquad OQ = \frac{k}{a} r,$$

ce qui montre qu'on peut regarder les courbes (1) comme généralisant la parabole aussi à un autre point de vue.

II. Je cherche maintenant le mouvement d'un point M dont la projection de la vitesse sur la perpendiculaire au rayon vecteur est égale à k, et dont le mouvement se fait suivant la loi des aires par rapport au point P.

En prenant OP comme axe Ox, l'équation de la trajectoire est

$$(3) \qquad \frac{1}{r} = \frac{\lambda - c\cos\theta}{\lambda^2 - c^2} + A \sin\theta \operatorname{tang}^{\frac{\lambda}{c}} \frac{\theta}{2},$$

où A est une constante quelconque, c désigne la distance OP et λ le rapport de la constante des aires C à k. Je laisse de côté le cas $\lambda = \pm c$.

L'accélération du point M est donnée par la formule

$$\vec{J} = -\frac{k^2}{\lambda^2 - c^2} \overrightarrow{PM} - A k^2 \frac{\lambda + c\cos\theta}{c^2 \sin\theta} \operatorname{tang}^{\frac{\lambda}{c}} \frac{\theta}{2} \overrightarrow{PM}.$$

Dans le cas $A = 0$, on trouve la réciproque d'un résultat bien connu, la trajectoire est une conique ayant P pour centre et O pour foyer et dont l'accélération est proportionnelle à la distance du point M au centre.

Les courbes représentées par l'équation (3) jouissent, lorsque $A \neq 0$, de la propriété suivante :

$$OQ = \frac{cr}{r - \lambda}, \tag{4}$$

où Q est le point où la tangente en M à la courbe rencontre OP.

On démontre aussi que réciproquement les courbes qui ont la propriété (4) sont données par l'équation (3). Je traiterai à part les courbes pour lesquelles OQ est une fonction homographique quelconque de r.

Dans le cas $A = 0$, c'est-à-dire dans le cas des coniques, la démonstration qui m'a conduit à la formule (4) montre la propriété suivante :

Si O est le foyer d'une conique quelconque, Q l'intersection de la tangente en M à la conique avec l'axe de la conique passant par O, et si R est l'intersection de la perpendiculaire en Q à MQ avec OM, on a

$$OQ = e.OR,$$

e étant l'excentricité de la conique.

III. Je cherche enfin le mouvement d'un point M dont les projections de la vitesse sur les perpendiculaires aux rayons vecteurs OM et O′M sont des constantes a et b.

En prenant OO′ comme axe Ox, et en désignant les angles xOM, $xO'M$ par θ et θ', l'équation de la trajectoire est

$$\operatorname{tang}^a \frac{\theta'}{2} = A \operatorname{tang}^b \frac{\theta}{2}, \tag{5}$$

où A est une constante quelconque.

L'accélération du point M est

$$\vec{J} = -a \frac{b - a\cos u}{rr'\sin^2 u}\overrightarrow{O'M} - b\frac{a - b\cos u}{rr'\sin^2 u}\overrightarrow{OM},$$

où u est l'angle OMO′ égal à $\theta' - \theta$.

Dans le cas $a = b$, la trajectoire est une ellipse qui a O et O′ pour foyers.

L'équation (5) montre que lorsque M décrit l'ellipse, le rapport du rayon du cercle inscrit au triangle OMO′ au rayon du cercle exinscrit au même triangle, relativement au sommet M, est constant.

Dans le cas $a = -b$, la trajectoire est une hyperbole ayant O et O′ pour foyers. L'équation (5) montre que lorsque le point M décrit l'hyperbole, le rapport des rayons des cercles exinscrits au triangle OMO′, relativement aux sommets O et O′, est constant.

Les cas précédents $a = \pm b$ sont les réciproques des propriétés bien connues du mouvement d'un point attiré ou repoussé par deux centres proportionnellement à la distance.

ALGÈBRE. — *Formes d'Hermite, groupe de Picard et théorie des idéaux de quaternions.* Note de M. **Rud. Fueter.**

La liaison intime qui existe entre les formes quadratiques binaires et la théorie des idéaux d'un corps quadratique est bien connue. Une semblable relation peut être établie entre la forme d'Hermite :

$$A\xi\bar{\xi} + B\xi\bar{\eta} + \bar{B}\bar{\xi}\eta + C\eta\bar{\eta}.$$

et la théorie des idéaux dans certains *anneaux de quaternions*. Cette dernière théorie fournit tous les résultats classiques d'Hermite ([1]), et montre sous un point de vue légèrement différent l'importance primordiale du groupe traité d'une manière magistrale par M. Picard ([2]).

1° Soient 1, i_1, i_2, i_3 les unités quaternions. D'après Hurwitz ([3]) les quaternions

$$x_0 + x_1 i_1 + x_2 i_2 + x_3 \rho, \qquad \rho = \frac{1}{2}(1 + i_1 + i_2 + i_3)$$

forment un domaine d'intégrité maximum, si les x parcourent tous les nombres rationnels entiers. Le nombre des classes d'idéaux (gauches) dans ce domaine est égal à 1. On montre facilement que ce domaine de Hurwitz peut être représenté de la manière suivante : $\xi + \eta\rho$ (ainsi que $\xi + \rho\eta$), où ξ, η parcourent tous les nombres entiers complexes de Gauss avec les unités 1, i_1. J'appelle 1, ρ une base du domaine de Hurwitz relative au corps $k(i_1)$. Plus généralement j'appelle ω_1, ω_2 la base d'un idéal $\mathfrak{a}$ gauche ([4]) relative à $k(i_1)$, si tous les quaternions de $\mathfrak{a}$ sont représentés par $\xi_1\omega_1 + \xi_2\omega_2$, ξ_1, ξ_2 parcourant tous les entiers de $k(i_1)$, et si $\omega_2\omega_1^{-1}$ possède des composantes troisième et quatrième positives (l'une peut être nulle). On démontre que chaque $\mathfrak{a}$ possède une base relative et qu'on reçoit toutes

(1) Ch. Hermite, *Œuvres*, Paris, 1, 1905, p. 234 et suiv.

(2) E. Picard, *Selecta*, Paris, 1928, p. 103 et suiv.

(3) A. Hurwitz, *Vorlesungen über die Zahlentheorie der Quaternionen*, 1919.

(4) La théorie des idéaux droits peut être développée de la même manière.

les bases relatives par les substitutions du groupe de Picard du corps $k(i_1)$:

$$\omega'_2 = \alpha\omega_2 + \beta\omega_1, \quad \omega'_1 = \gamma\omega_2 + \delta\omega_1, \qquad \alpha\delta - \beta\gamma = 1.$$

Parmi ces bases relatives se trouve toujours la *base relative canonique* $n\tau$, $(\iota + \rho)\tau$, où n est un nombre rationnel entier positif, τ, ι des entiers du corps $k(i_1)$, et $n(\iota + \rho) \equiv 0 \pmod{n}$, [$n(\ )$ égale à la norme du quaternion.]

2. *Anneaux de quaternions.* — Soit $\varphi = f_0 + f_1 i_1$ un nombre entier de $k(i_1)$, et supposons $f_0 > 0\ f_0 \geqq f_1$. Le domaine de tous les quaternions $\lambda + \Omega'\varphi$ [où λ est un nombre de $k(i_1)$ et Ω' un quaternion quelconque], possédant des composantes rationnelles, dont les dénominateurs sont premiers avec $n(\varphi) = \varphi\bar{\varphi}$, forme un *anneau*; en effet somme, différence et produit de deux de ces quaternions donnent un quaternion du domaine. J'appelle ce domaine l'*anneau gauche* $r(\varphi$. Le quotient $\Omega_2\Omega_1^{-1}$, ou $\Omega_1^{-1}\Omega_2$ de deux quaternions Ω_1 et Ω_2 de $r(\varphi$ appartient aussi à $r(\varphi$, si $n(\Omega_1)$ est premier avec $n(\varphi)$. J'appelle φ le *guide* de $r(\varphi$.

Soient $(\mathfrak{a} = (n, \iota + \rho)$ un idéal gauche, n, $\iota + \rho$ sa base canonique relative à $k(i_1)$; nous supposons n premier avec $n(\varphi)$. Tous les quaternions de $(\mathfrak{a}$, appartenant à l'anneau $r(\varphi$ forment l'*idéal d'anneau gauche* $(\mathfrak{a}_r$. Celui-ci est un module et peut être donné par la base canonique relative à $k(i_1)$

$$(\mathfrak{a}_r = (n, j + \rho\varphi) \qquad [j \text{ un nombre de } k(i_1)],$$

où $n(j + \rho\varphi) \equiv 0 \pmod{n}$. Les autres bases relatives à $k(i_1)$ se déduisent de la base canonique par les substitutions du groupe de Picard. J'appelle n la norme de $(\mathfrak{a}_r$, et je dis $(\mathfrak{a}_r$ premier avec φ, si n est premier avec $n(\varphi)$.

Soient $(\mathfrak{a}_r$ et $(\mathfrak{b}_r$ premiers avec φ; je dis que $(\mathfrak{a}_r$ et $(\mathfrak{b}_r$ sont *équivalents* et appartiennent à la même *classe d'idéaux d'anneau* $r(\varphi$, s'il existe un quaternion Ω de $r(\varphi$ tel que $(\mathfrak{a}_r = (\mathfrak{b}_r\Omega$.

J'écris $(\mathfrak{a}_r \sim (\mathfrak{b}_r \pmod{\varphi}$ *Le nombre des classes est fini*, et peut se calculer.

3° Tous les quaternions de $(\mathfrak{a}_r$ sont donnés par $\xi n + \eta(j + \rho\varphi)$, où ξ, η parcourent tous les entiers de $k(i_1)$. On fait correspondre univoquement à $(\mathfrak{a}_r$ la forme d'Hermite :

$$\frac{n(\xi n + \eta(j + \rho\varphi))}{n} = n\xi\bar{\xi} + \left(j + \varphi\frac{1 + i_1}{2}\right)\bar{\xi}\eta + \left(\bar{j} + \bar{\varphi}\frac{1 - i_1}{2}\right)\xi\bar{\eta} + \frac{n(j + \rho\varphi)}{n}\eta\bar{\eta},$$

qui possède le discrimant $= 1/2\varphi\bar{\varphi}$ (1). Soit $(\mathfrak{b}_r = (m, x + \rho\varphi)$ un second idéal d'anneau, équivalent au premier : $(\mathfrak{a}_r \sim (\mathfrak{b}_r$ (mod φ), la forme correspondant à $(\mathfrak{b}_r$ est :

$$\frac{n(\xi' m + \eta'(x + \rho\varphi))}{m}.$$

D'autre part, il existe à cause de l'équivalence une substitution $\begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \delta & \gamma \end{pmatrix}$ du groupe de Picard, pour laquelle

$$\begin{aligned} (x + \rho\varphi)\Omega &= \alpha(j + \rho\varphi) + \beta n \\ m\Omega &= \gamma(j + \rho\varphi) + \delta n \end{aligned} \qquad (\alpha\delta - \beta\gamma = 1),$$

où Ω est un quaternion de $r(\varphi$. Il s'ensuit $n(\Omega) = n/m$, et la forme d'Hermite correspondant à $(\mathfrak{b}_r$ devient :

$$\frac{n(\xi' m + \eta'(x + \rho\varphi))}{m} = \frac{(\xi n + \eta(j + \rho\varphi))}{n},$$

où $\xi = \xi'\delta + \eta'\beta$, $\eta = \xi'\gamma + \eta'\alpha$.

Ces considérations donnent le théorème :

A deux idéaux d'anneau équivalents (modφ) *correspondent deux formes d'Hermite équivalentes de discriminant* $1/2\varphi\bar{\varphi}$. *Chaque forme d'Hermite représente les normes de tous les idéaux d'anneau d'une classe.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Riquier.* Note de M. **M. Ghermanesco**, présentée par M. Goursat.

M. M. Nicolesco (2) s'occupe d'un problème analogue à celui de Riquier, concernant l'équation

$$\Delta^n u = f. \tag{1}$$

Je possède depuis longtemps les résultats de M. Nicolesco et je ne leur ai donné aucune publicité, d'abord parce que je les supposais connus et ensuite parce que je les considérais comme secondaires, et m'en servais

(1) Il existe ici entre cette forme et celles qui se présentent dans la théorie d'Hermite la même différence qu'entre les formes quadratiques binaires à deuxième coefficient pair de la théorie de Gauss et celles correspondant aux idéaux d'un corps quadratique.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 682.

pour la résolution d'un problème qui concernait l'équation plus générale

$$\Delta^n u + \lambda_1 \Delta^{n-1} u + \ldots + \lambda_n u = \begin{cases} 0 \\ f \end{cases} \tag{2}$$

dont j'ai donné la solution ailleurs ([1]), préparée par diverses Notes des *Comptes rendus* ([2]).

1. Dans mes recherches, je fais constamment emploi ([3]) de la fonction

$$G_k(M, P) = -\frac{1}{(p-2)s_p}\int_D G_{k-1}(M, M_1)G_1(M_1, P)\, d\omega_{M_1},$$

$G_1(M, P)$ étant la fonction classique de Green pour l'équation de Laplace.

Je démontre, entre autres, les propriétés suivantes :

a. $G_k(M, P)$ *est symétrique par rapport aux coordonnées des points* M *et* P.

b. $G_k(M, P)$ *est un noyau fermé, c'est-à-dire qu'on ne peut pas avoir*

$$\int_D G_k(M, P)h(M)\, d\omega_M = 0,$$

pourvu que l'intégrale

$$\int_D h^2(M)\, d\omega_M$$

existe.

c. $G_k(M, P)$ *est un noyau défini, c'est-à-dire qu'on ne peut pas avoir, dans les mêmes conditions que plus haut, la relation*

$$\int_D G_k(M, P)h(M)h(P)\, d\omega_M\, d\omega_P = 0 \qquad (k > 1).$$

d. Le problème de Dirichlet pour l'équation (1) *a une solution unique.* C'est le problème traité par moi pour l'équation (2) [*loc. cit.* ([1])], et ensuite par M. M. Nicolesco pour l'équation particulière (1) [*loc. cit.* ([2]), p. 2011].

e. Lorsque f est une fonction analytique, toute intégrale de l'équation (1) *est analytique, ainsi que ses premiers* $(n-1)$ *laplaciens.*

2. Je me suis encore occupé de l'équation plus générale ([4])

$$\Delta^n u + a_1 \Delta^{n-1} u + \ldots + a_n u = f(P), \tag{3}$$

dans laquelle les fonctions $a_1, a_2, \ldots, a_n, f$ sont continues et bornées,

---

([1]) *Rendiconti della R. Accad. dei Lincei*, 15, novembre 1931, p. 415-421.

([2]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 477-479, 638-640.

([3]) Voir *loc. cit.* ([1]), p. 420.

([4]) Voir aussi N. Cioranescu, *Thèse*, Paris, 1929.

ainsi que leurs dérivées partielles jusqu'au $2n^{\text{ième}}$ ordre dans $D+F$, F étant la frontière du domaine D.

Je recherche la fonction de Green pour l'équation (3), c'est-à-dire l'intégrale qui est nulle, ainsi que les premiers $(n-1)$ laplaciens sur la frontière F.

J'introduis les fonctions des deux points M et P

$$\Gamma_k(M, P) = -\frac{1}{(p-2)S_p}\int_D \Gamma_{k-1}(M, M_1)\,\Gamma_1(M_1, P)\,d\omega_{M_1}$$

avec

$$\Gamma_1(M, P) = -\frac{1}{(p-2)S_p}[\quad a_1(P)\,G_1(M, P) + a_2(P)\,G_2(M, P) + \ldots + a_n(P)\,G_n(M, P)].$$

Je réduis l'équation (3) à l'équation intégrale de Fredholm

$$u(P) = \lambda\int_D \Gamma_1(M, P)\,u(M)\,d\omega_M + \int_D f(M)\,G_n(M, P)\,d\omega_M,$$

dont la solution est donnée par

$$u(P) = -\frac{1}{(p-2)S_p}\int\int_D f(M)\,\Gamma(M, M_1)\,G_n(M_1, P)\,d\omega_M\,d\omega_{M_1}$$

avec

$$\Gamma(M, P) = 1 + \lambda\Gamma_1(M, P) + \lambda^2\Gamma_2(M, P) + \ldots.$$

Je démontre que *les valeurs caractéristiques sont réelles et simples*, par ce que le noyau $\Gamma_1(M, P)$ étant une somme de *n noyaux polaires* (Hilbert), il est un *noyau symétrisable* à droite [1] par composition avec le noyau symétrique et défini $G_k(M, P)$ $(k > 1)$, ce qui permet de conclure que, si $f \equiv 0$, l'équation (3) sans second membre admet une fonction de Green pour des valeurs spéciales de λ.

3. Dans un autre ordre d'idées j'ai trouvé que la moyenne *spatiale* μ_1, d'une fonction u régulière dans un domaine D de l'espace à p dimensions, satisfait pour toute hypersphère de centre P et de rayon R, contenue dans D, à l'équation aux dérivées partielles

$$\boxed{\Delta\mu_1 = \frac{\partial^2\mu_1}{\partial R^2} + \frac{p+1}{R}\frac{\partial\mu_1}{\partial R}.}$$

---

(1) J. Marty, *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 1499. Voir aussi E. Goursat, *Traité d'Analyse*, 3, 2e édition, p. 466 et suiv.

Cette équation est à comparer à celle satisfaite par la moyenne *périphérique* μ et que j'ai fait connaître dans une Note antérieure (¹).

Je souligne encore la relation suivante qui relie les deux moyennes μ et μ_1

$$\Delta\mu_1 = \frac{p}{R}\frac{\partial\mu}{\partial R},$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les caractéristiques du tore.* Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Émile Borel.

Je désirerais ajouter un complément aux résultats de ma Note du 7 mars dernier (*Comptes rendus*, 194, p. 830-833).

Soit C un cercle décrit par le point M_0 défini par l'angle au centre θ_0. Soit $\theta_1 = \theta_1(\theta_0)$ une transformation de C en lui-même, telle que nulle itérée $\theta_n(\theta_0)$ de cette transformation n'ait de point double. Si

$$2\pi\alpha = \lim_{n\infty}\frac{\theta_n}{n},$$

α est irrationnel.

J'ai montré que, si $d\theta_1/d\theta_0$ existe, est continue et à variation bornée, les points $M_n(\theta_n)$ sont partout denses sur C. Si les M_n sont les points de rencontre successifs, avec le méridien $C(\varphi = \varphi_0)$ d'un tore, d'une même caractéristique I $[\theta = u(\varphi, \theta_0)]$ de l'équation différentielle

$$\frac{d\theta}{d\varphi} = A(\varphi, \theta)$$

($\partial A/\partial\theta$ continu sur la totalité du tore), l'égalité

$$h(\theta_0) = \log\frac{d\theta_1}{d\theta_0} = \int_{\varphi_0}^{\varphi_0+2\pi}\frac{\partial A}{\partial\theta}\,d\varphi$$

montre que *la variation totale* V *de* $h(\theta_0)$ *sera finie*, avec

$$V < \iint\left|\frac{\partial^2 A}{\partial\theta^2}\right| d\varphi\, d\theta,$$

sous la condition suffisante que $\partial^2 A/\partial\theta^2$ *soit fini et sommable sur la totalité du tore.*

(¹) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 918-919. La dernière affirmation de cette Note doit être entendue au sens de *analogues* et non pas *même*.

Dans ce cas, *les trajectoires présentent la stabilité à la Poisson.* Si $h_n(\theta_0) = \log d\theta_n/d\theta_0$, d'où $(n > 0)$

$$h_n(\theta_0) = \sum_0^{n-1} h(\theta_m), \qquad h_{-n}(\theta) = -\sum_{-n}^{-1} h(\theta_m),$$

un raisonnement indiqué dans la même Note montre $|h_n(\theta_0) + h_{-n}(\theta_0)| < V$, ou

$$e^{-V} < \frac{d\theta_n}{d\theta_0}\frac{d\theta_{-n}}{d\theta_0} < e^{V},$$

si n est le dénominateur Q_m de la $m^{\text{ième}}$ réduite de α.

Cela posé, soit E un ensemble situé sur C, mesurable et de mesure positive μ. Soient E_n le $n^{\text{ième}}$ transformé de E, et μ_n la mesure de E_n. On a

$$\mu_n = \int_E \frac{d\theta_n}{d\theta_0} d\theta_0, \qquad \mu_{-n} = \int_E \frac{d\theta_{-n}}{d\theta_0} d\theta_0.$$

L'inégalité de Schwarz donne

$$\mu_n \mu_{-n} > \left(\int_E e^{-\frac{V}{2}} d\theta_0\right)^2 = \mu^2 e^{-V}.$$

C'est l'inégalité établie (*loc. cit.*) dans le cas où E est un intervalle.

En remplaçant dans cette relation E successivement par E_{qn}

$$(-k + 1 \leqq q \leqq k - 1),$$

on en déduit

$$\mu_{kn}\mu_{-kn} > \mu^2 e^{-k^2 V}, \qquad \text{donc} \qquad \mu_{kn} + \mu_{-kn} > 2\mu e^{-k^2\frac{V}{2}}.$$

D'où ce résultat :

E'_n étant l'ensemble $E_n + E_{-n}$ $(n > 0)$ et n prenant toutes les valeurs qQ_m $(0 \leqq q \leqq k$, k indépendant de $m)$, *il est impossible qu'il y ait une infinité d'ensembles E'_n deux à deux distincts, si* E *est épais* (de mesure positive).

Soient Γ un cercle d'angle au centre ω, et $m_0(\omega)$ un point quelconque de Γ que l'on fait correspondre à $M_0(\theta_0)$. Si à M_n on fait correspondre $m_n(\omega + 2n\pi\alpha)$, cette correspondance conserve l'ordre mutuel des M_n sur C et des m_n sur Γ. *Les M_n étant partout denses*, cette correspondance détermine une transformation géométrique $\theta = \psi(\omega)$ de Γ en C, ψ étant *continue* et croissante, avec

$$\theta_1(\theta) = \psi(\omega + 2\pi\alpha) \qquad \text{(Poincaré)}.$$

En deux points $m(\omega)$ et $m(\omega+2\pi\alpha)$, les nombres dérivés de $\psi(\omega)$ pour un côté (gauche ou droit) et un rang (supérieur ou inférieur) donnés sont dans le rapport $e^{h(0)}$. Ils sont donc à la fois ou nuls, ou infinis, ou positifs finis.

Cela étant, considérons les ensembles H^i de C ainsi définis et leurs homologues K^i sur C :

$H^1 : \psi'(\omega)=0$; $H^2 : 0<\psi'(\omega)<\infty$; $H^3 : \psi'(\omega)=\infty$; $H^4 : \psi(\omega)$ sans dérivée.

Chacun de ces ensembles est invariant par la transformation ω, $\omega+2\pi\alpha$.

H^4 et K^4 sont toujours minces (de mesure nulle) H^1 et H^2 sont l'un mince, l'autre de mesure angulaire 2π. K^1 est toujours mince, K^2 est épais ou mince en même temps que H^2. H^3 est mince, K^3 mince *ou épais*. De cette dernière alternative, le premier cas équivaut à la « transitivité forte » de G. D. Birkhoff. Si H^2 est mince, K^3 est de mesure 2π.

Si $\theta_1(\theta)$ *est holomorphe, est-il possible que* K^3 *soit épais?*

Voici quelques indications sur ce point que je n'ai pas éclairci.

Si K^3 *est épais, on peut, dans* H^3, *trouver un ensemble parfait* H' (situé dans un intervalle donné d'avance) *ayant pour homologue* K', *de façon que* $\sum_{-\infty}^{\infty} K'_n$ *ait même mesure que* K^3.

Considérons un ensemble parfait Q situé sur Γ et ainsi construit : D'un arc-segment $\alpha\beta$ de Γ on retranche un arc-intervalle médian de longueur supérieure à la moitié de $\alpha\beta$. Sur chacun des deux arcs-segments conservés on répète l'opération et ainsi indéfiniment. Il n'y a pas de nombre positif δ_m qui soit, ainsi que son double, la distance de deux points de Q. Donc :

Si le transformé K'' *de* H'' *est épais, il est impossible que* H'' *soit contenu dans un ensemble tel que* Q.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la mesurabilité verticale des fonctions de variables réelles.* Note de M. **Alex Froda**, présentée par M. Émile Borel.

Soient $\mathcal{E}(P)$ l'ensemble vertical (1) des valeurs au point P de la fonction uniforme ou multiforme à n variables réelles $f(P)$, définie en un domaine-support Δ_n à n dimensions, et I l'ensemble-image de $f(P)$ dans le domaine-

(1) Pour certaines définitions et résultats, voir ma Note précédente (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1788).

image Δ_{n+1}. *Introduisons les fonctions caractéristiques de la mesure verticale de* $f(P)$, c'est-à-dire les fonctions uniformes $V_e(P) = m_e \mathcal{E}(P)$ et $V_i(P) = m_i \mathcal{E}(P)$, égales aux mesures, extérieure et intérieure, de $\mathcal{E}(P)$ et de même $V(P) = \text{mes}\,\mathcal{E}(P)$, lorsque les ensembles $\mathcal{E}(P)$ sont mesurables (L).

Appelons la fonction $f(P)$ *verticalement mesurable* (L), lorsque l'une au moins des fonctions $V_e(P)$, $V_i(P)$ ou $V(P)$ est une fonction uniforme (à support) mesurable (L).

I. *Lorsque l'ensemble-image* I *de la fonction uniforme ou multiforme* $f(P)$ *est mesurable* (L) *et que* $V(P)$ *existe en chaque point* P *de* Δ_n, *alors* $f(P)$ *est verticalement mesurable* (L) *et l'on a, en* Δ_n, *avec l'intégrale* (L),

$$\text{mes}_{n+1} I = \int V(P)\,dP.$$

Ce résultat s'appuye sur la proposition fondamentale :

II. *Lorsqu'une fonction uniforme ou multiforme* $f(P)$ *possède en chaque point d'un ensemble support* E, *mesurable* (L) *ou non, la propriété* $V_e(P) \geqq K$ [*ou* $V_i(P) \leqq K$], *on a pour l'image* I *de* $f(P)$, $m_{n+1,e} I \geqq K m_{n,e} E$ (*ou respectivement* $m_{n+1,i} I \leqq K m_{n,i} E$), qui s'établit en étendant aux ensembles ouverts et fermés le résultat démontré comme il suit, dans le cas de E intervalle. Supposons, avec $F < I < O$ (F fermé, O ouvert), qu'il y ait $\text{mes}\,F > (K + \varepsilon)\,\text{mes}\,E$ [respectivement $\text{mes}\,O < (K - \varepsilon)\,\text{mes}\,E$]. Il existerait alors un point limite $\mathcal{P}$ (ou $\mathcal{P}'$) dont la verticale W (ou W') serait intérieure à des domaines δ_{n+1} (ou δ'_{n+1}) verticale W (ou W') verticaux, à supports infiniment petits et tels que la densité *intérieure*

$$\mu_i(F\,\delta_{n+1}) > K + \varepsilon$$

[respectivement *extérieure* $\mu_e(O\,\delta'_{n+1}) < K - \varepsilon$]. Mais on a d'autre part sur W les ensembles $F.W < I.W \equiv \mathcal{E}(\mathcal{P}) < O.W$ et, en s'appuyant sur le lemme classique de recouvrement de M. Borel, on prouverait l'existence d'un δ_{n+1} assez petit, pour que $\mu_i(F.\delta_{n+1}) \leqq K + \varepsilon/2$ [et respectivement $\mu_i(O.\delta'_{n+1} \geqq K - \varepsilon/2)$].

Introduisons une extension de l'intégrale de M. Lebesgue, directement applicable aux fonctions uniformes, bornées $\varphi(P)$ (définition susceptible d'être étendue encore aux fonctions multiformes et bornées inférieurement) :

Distinguons les ensembles supports $E_t = E[l_t \leqq \varphi(P) < l_{t+1}]$, correspondant à une division σ_m de l'intervalle-cote (a, b) en m intervalles-cote $\delta_t = (l_t, l_{t+1})$. On peut démontrer, en faisant tendre les δ_t vers zéro d'une manière quel-

conque, l'existence des deux limites uniques, *l'intégrale extérieure de* $\varphi(P)$ *en* (a, b) :

$$\int^e \varphi\, dP = \lim \sum_t l_t\, m_{n,e}\, E_t$$

et *l'intégrale intérieure de* $\varphi(P)$ *en* (a, t) :

$$\int^i \varphi\, dP = \lim \sum_t l_{t+1}\, m_{n,i}\, E_t.$$

On peut prouver que de $\varphi(P) \leqq \psi(P)$ il résulte

$$\int \varphi\, dP \leqq \int^e \psi\, dP \qquad \text{ou} \qquad \int^i \varphi\, dP \leqq \int \psi\, dP,$$

selon que $\varphi(P)$ ou $\psi(P)$ sont respectivement mesurables (L) et que si la fonction $[\varphi(P) + \psi(P)]$ est mesurable (L), on a

$$\int (\varphi + \psi)\, dP = \int^e \varphi\, dP + \int^i \psi\, dP = \int^i \varphi\, dP + \int^e \psi\, dP.$$

En s'appuyant sur ces propriétés, ainsi que sur (II), on trouve que :

III. *Pour une fonction* $f(P)$ *quelconque donnée, on a*

$$m_{(n+1),e}\, I \geqq \int^e V_e(P)\, dP \qquad \text{et} \qquad m_{(n+1),i}\, I \leqq \int^i V_i(P)\, dP,$$

et l'on en tire facilement la proposition (I), ainsi que les suivantes :

IV. *Lorsqu'une fonction uniforme ou multiforme* $f(P)$ *est verticalement mesurable* (L) *et que son ensemble image* I *est mesurable* (L), $V(P)$ *existe presque partout en* Δ_n (*en tout point de* Δ_n, *sauf au plus un ensemble de mesure nulle*).

V. *Lorsque* $V(P)$ *existe presque partout en* Δ_n, *sans que l'on ait presque partout* $V(P) = 0$, *l'ensemble image* I *de* $f(P)$ *est* (*à support*) *non mesurable* (L).

Remarquons enfin, ce qui peut être établi par des exemples, qu'une fonction peut jouir *indépendamment* de la mesurabilité (L) verticale ou en support, au sens défini précédemment [1].

---

[1] *Loc. cit.*

RELATIVITÉ. — *Sur les invariants différentiels des groupes de relativité.* Note de M. **J. Le Roux.**

J'ai montré le rôle important que joue, dans les problèmes de relativité, le prolongement cinématique des groupes de transformation, obtenu en y regardant les paramètres comme variables au même titre que les coordonnées, et en assimilant les dérivées des paramètres primitifs à de nouveaux paramètres indépendants [1].

Aux groupes ainsi prolongés je donne le nom de groupes de relativité.

Un groupe de relativité n'admet plus en général les invariants différentiels du prolongement statique. Mais à tout invariant différentiel du prolongement statique, il est possible de faire correspondre un invariant différentiel du groupe de relativité correspondant.

Je reprends ci-dessous les notations que j'ai déjà utilisées.

Soit $f(x, x')$ un invariant différentiel du groupe statique, exprimé à l'aide des coordonnées x et de leurs dérivées ou différentielles x'.

On a, par hypothèse,

$$\mathrm{X}_h(f) = 0.$$

Mais nous supposerons, au contraire,

$$\mathrm{D}_h(f) \neq 0.$$

Soit r le nombre des paramètres du groupe initial; dans la formation du prolongement cinématique, on peut introduire, comme nouveaux paramètres, au lieu des dérivées des paramètres primitifs, des quantités ϖ_1, ϖ_2, ..., ϖ_r que nous nous abstenons de définir ici.

Posons

$$(2) \qquad u_i = x'_i + \sum \varpi_h \xi_{hi}.$$

Remplaçons dans la fonction $f(x, x')$ les variables x'_i par les quantités u_i. Dans le résultat de la substitution, considérons les paramètres ϖ_h comme des fonctions des variables x et x', définies par la condition d'annuler toutes les dérivées partielles de $f(x, u)$ par rapport à ces paramètres

$$(3) \qquad \frac{\partial}{\partial \varpi_h} f(x, u) = \sum \xi_{hi} \frac{\partial f(x, u)}{\partial u_i} = 0;$$

---

[1] *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 698-700.

soit $\varphi(x, x')$ le résultat que l'on obtient en remplaçant les paramètres ϖ par leurs valeurs ainsi définies. Nous allons montrer que la fonction $\varphi(x, x')$ annule toutes les transformations infinitésimales $\overline{X}_h$ et D_h du groupe de relativité.

On a d'abord, en tenant compte des formules (2) et (3),

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x'_i} = \frac{\partial f(x, u)}{\partial u_i}. \tag{4}$$

L'équation (3) donne alors

$$\sum \xi_{hi} \frac{\partial \varphi}{\partial x'_i} = D_h(\varphi) = 0. \tag{5}$$

Il reste à démontrer que la fonction φ annule également les transformations infinitésimales du type $\overline{X}_h$,

$$\overline{X}_h(\varphi) = \sum \left(\xi_{hi} \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} + \xi'_{hi} \frac{\partial \varphi}{\partial x'_i} \right).$$

On a d'abord

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x_i} = \frac{\partial f(x, u)}{\partial x_i} + \sum \frac{\partial f(x, u)}{\partial u_k} \frac{\partial u_k}{\partial x_i}; \tag{6}$$

d'où

$$\overline{X}_h(\varphi) = \sum_i \left[\xi_{hi} \frac{\partial f(x, u)}{\partial x_i} + \xi'_{hi} \frac{\partial f(x, u)}{\partial u_i} \right] + \sum_\rho \varpi_\rho \left[\sum_i X_h(\xi_{\rho i}) \frac{\partial f(x, u)}{\partial u_i} \right]. \tag{7}$$

Rappelons maintenant que la fonction $f(x, x')$ est un invariant du groupe statique, ce qui entraîne

$$\overline{X}_h f(x, x') = 0.$$

Remplaçant dans cette expression les symboles x'_i par u_i, nous avons, en tenant compte des équations (2),

$$\sum_i \left[\xi_{hi} \frac{\partial f(x, u)}{\partial x_i} + \xi'_{hi} \frac{\partial f(x, u)}{\partial u_i} \right] + \sum_\rho \varpi_\rho \left[\sum_i X_\rho(\xi_{hi}) \frac{\partial f(x, u)}{\partial u_i} \right] = 0. \tag{8}$$

Retranchant ce résultat de l'équation (7), nous trouvons

$$\overline{X}_h(\varphi) = \sum_\rho \varpi_\rho \Sigma_i [X_h(\xi_{\rho i}) - X_\rho(\xi_{hi})] \frac{\partial f(x, u)}{\partial u_i}. \tag{9}$$

Les relations fondamentales de Lie donnent

$$X_h(\xi_{\rho i}) - X_\rho(\xi_{hi}) = \Sigma_s c_{h\rho s} \xi_{si}. \tag{10}$$

L'équation (9) devient donc, en tenant compte de (6),

$$\overline{X}_h(\varphi) = \Sigma_\rho \varpi_\rho [\Sigma_s c_{h\rho s} D_s(\varphi)],$$

et enfin, d'après l'équation (5),

$$\overline{X}_h(\varphi) = 0.$$

Donc φ est un invariant.

Cet invariant peut d'ailleurs, dans certains cas, se réduire à une constante pure.

La méthode, appliquée à l'énergie cinétique relative d'un ensemble, donne l'énergie cinétique invariante entièrement indépendante du système de référence arbitrairement mobile.

CHRONOMÉTRIE. — *Théorie générale de la suspension élastique des pendules.* Note de M. **J. Haag**, présentée par M. Henri Villat.

1. Dans une Note antérieure (¹) j'ai indiqué une théorie élémentaire des petites oscillations du pendule à suspension élastique, qui avait d'ailleurs été déjà faite par plusieurs autres auteurs.

J'ai repris cette théorie dans le cas général d'une *lame non uniforme* (²), tout en la complétant par l'étude des perturbations et de la deuxième approximation du mouvement. Voici les résultats de ce nouveau travail.

2. Soient E le module de Young de la lame et I le moment d'inertie de sa section droite par rapport au plan neutre. Je considère la quantité $M = EI/mg$ comme une fonction quelconque de s.

Soient v et w les solutions de l'équation différentielle

$$M v'' - v = 0, \tag{1}$$

dont les dérivées prennent respectivement les valeurs -1 et 0 pour $s = 0$, et les valeurs -1 et $+1$ pour $s = \lambda$. Il existe, sur la tige du pendule, deux points F et F' qui vibrent indépendamment. Si l'on pose $\overline{GF} = z$, on a

$$z^2 + z\,\frac{a^2 + a\lambda - R^2 - a(v_0 + v_\lambda) + v_\lambda^2 + (\lambda + v_\lambda - v_0)w_\lambda}{a - v_\lambda} - R^2 = 0. \tag{2}$$

La période de F est $T = 2\pi/n$, avec

$$n^2 = -\frac{Kg}{z'}, \qquad K = -\frac{a + z' - v_\lambda}{\lambda + v_0 - v_\lambda} = \frac{a + w_\lambda}{a + z - v_\lambda}.$$

(¹) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1479. Je garde les notations de cette Note.

(²) C'est le cas du pendule *Holweck-Lejay*.

Si a, R, λ, M subissent les accroissements da, dR, $d\lambda$, εM, on a

$$(3)\qquad 2K(z-z')\frac{dT}{T}=2Kz\frac{dR}{R}+(2K-1)(da+d\lambda)+\frac{(Kv_\lambda+w_\lambda)^2}{M_\lambda}-\int_0^\lambda \varepsilon\frac{(Kv+w)^2}{M}\,ds.$$

De cette formule résultent, en particulier, *l'influence d'une variation de température* et *l'influence d'une variation de* g (¹).

3. Supposons le pendule soumis à des *forces perturbatrices*, admettant $mg\varepsilon_1$, $mg\varepsilon_2$, $mg\varepsilon_3$ pour projections sur Ox et Oy et pour moment résultant par rapport à G. Supposons également que la lame soit soumise à des forces perturbatrices et appelons $mg\varepsilon_4$ l'accroissement du moment fléchissant. Posons

$$H_n=\int_0^\lambda [Y(1+v')+\theta w']^2\,ds.$$

L'accélération perturbatrice du foyer F est

$$(4)\qquad f=-\frac{n^2}{K}\left[\varepsilon_2 z'+a\theta\varepsilon_1-\varepsilon_3+\frac{\varepsilon_1}{2}\left(K\frac{\partial H_2}{\partial Y}+\frac{\partial H_2}{\partial \theta}\right)-\int_0^\lambda \varepsilon_4\frac{Kv+w}{M}\,ds\right],$$

où l'on doit remplacer Y par Kθ, si F′ est fixe en première approximation (*oscillation principale*). On en déduit la *perturbation de la période* par la formule bien connue.

4. Dans le cas où les forces perturbatrices sont simplement celles qui résultent du passage de la première approximation à la deuxième, on trouve

$$(5)\qquad \frac{\Delta T}{T}=\frac{\theta_0^2}{16}\frac{Q'}{Q},$$

en posant

$$Q=K(z-z'),\qquad Q'=a(1-4K)-\frac{4K}{z'}[a+H_2(K,1)]^2-H(K,1),$$
$$H=4YH_3-H_4.$$

5. Supposons que la tangente Ox à l'encastrement dans le support fasse l'angle i avec la verticale et que la tangente AT à l'encastrement dans le pendule fasse l'angle i' avec AG. Quand le pendule est en équilibre, son élongation est

$$(6)\qquad j=-\frac{(a-v_\lambda)i+ai'}{a+w_\lambda}.$$

(¹) D'où la théorie du *pendule de gravité*. Cf. *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1391.

La perturbation $\Delta T/T$ vaut Q_1/Q, en posant

$$Q_1 = \frac{a}{4}(i+i'+j)^2 - \frac{aK}{2}(i'+j)^2 - \frac{K}{2z'}(ai'+aj+h)^2 + \frac{i^2}{4}H_2(K, 1) - \frac{h'}{48},$$

$$h = \frac{1}{2}\left(K\frac{\partial H_2}{\partial Y} + \frac{\partial H_2}{\partial \theta}\right), \qquad h' = K^2\frac{\partial^2 H}{\partial Y^2} + 2K\frac{\partial^2 H}{\partial Y\,\partial\theta} + \frac{\partial^2 H}{\partial\theta^2},$$

où l'on doit remplacer Y par $-i$ et θ par j.

6. Soient I_λ le moment d'inertie de la lame par rapport à Ox et ξ l'abscisse de son centre de gravité, pour $\theta = 1$. Les perturbations dues à *l'inertie de la lame et à son poids* sont respectivement

$$(7) \qquad \frac{\Delta T}{T} = -\frac{I_\lambda}{2mz'(z-z')}, \qquad \frac{\Delta T}{T} = \frac{\xi - \lambda}{Q}.$$

7. J'ai également évalué l'influence d'une correction apportée à la loi de la flexion plane, suivant la formule proposée par M. Le Rolland [1]. J'ai calculé aussi l'influence du frottement interne, en admettant que ce frottement dépend de la courbure et de sa dérivée par rapport au temps. J'ai enfin déterminé l'influence d'une erreur d'encastrement combinée avec une dissymétrie de la lame dans son module de Young ou dans son frottement interne; et j'ai pu ainsi mettre en évidence la dissymétrie de la durée d'oscillation, découverte expérimentalement par M. Holweck.

Toute cette théorie sera développée dans un autre Recueil.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la mesure de la résistance opposée par un milieu visqueux au mouvement des corps.* Note [2] de M. **G. Siadbei**, présentée par M. A. Cotton.

La résistance opposée par un milieu visqueux au mouvement d'un corps peut être mesurée par deux méthodes : celle où l'on maintient le corps immobile et où l'on produit le mouvement du milieu visqueux et celle où l'on fait l'inverse.

L'étude du mouvement des sphères fluides présente un intérêt particulier parce qu'on peut utiliser les conditions d'expérimentation les plus variées. En choisissant convenablement la différence de densité des deux milieux avec lesquels on expérimente on peut obtenir de très petites forces qui

(1) Avec cette seule différence que j'y prends la courbure en valeur absolue et non en valeur algébrique.

(2) Séance du 17 mai 1932.

s'exercent sur les sphères en mouvement; et l'altération de la forme des sphères (lorsqu'elles sont de grandes dimensions) permet de connaître les conditions spéciales dans lesquelles se produit le mouvement.

Pour ces mesures, nous avons employé la seconde méthode et nous avons utilisé un dispositif expérimental permettant l'enregistrement photographique du mouvement de la sphère.

Un faisceau de lumière, provenant d'un arc électrique, passe à travers un disque stroboscopique ayant deux ouvertures (en forme de fente) placées sur le même diamètre; le faisceau lumineux, rendu faiblement divergent, éclaire la cuve d'expérimentation. La cuve est placée à $3^{m},40$ de la source lumineuse; immédiatement près d'elle se trouve le dispositif d'enregistrement photographique, enfermé dans une boîte de carton épais; ce dispositif est constitué par un cylindre tournant autour d'un axe vertical et par un obturateur commandé électriquement. Sur le cylindre on fixe une feuille de papier photographique au gélatino-bromure ayant 55×26^{cm} de dimensions; l'enregistrement se fait à travers une ouverture rectangulaire de $25^{cm} \times 1^{cm}$ faite dans le paroi de la boîte et derrière laquelle se trouve l'obturateur. L'obturateur agit sur la lumière dès que l'on interrompt un circuit électrique; il se ferme automatiquement après une révolution complète du cylindre enregistreur. Un diapason entretenu électriquement, faisant 100 vibrations par seconde, porte un miroir léger sur une de ses branches, le miroir envoie un faisceau lumineux sur le cylindre où l'on forme à l'aide d'une lentille l'image d'une source lumineuse punctiforme. On enregistre de cette manière le temps à côté des déplacements de la sphère en mouvement. Les images de la sphère ainsi obtenues sont très nettes, la durée de chaque pose étant de l'ordre de $1/300^{e}$ de seconde.

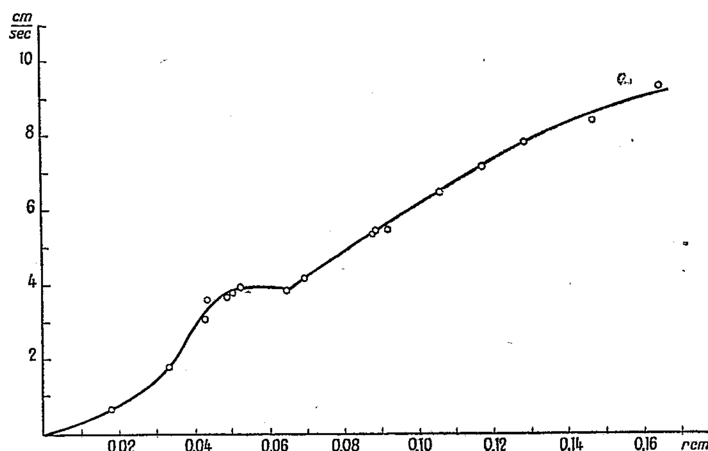
Lorsqu'on utilise cette méthode pour la mesure de la vitesse de la sphère on doit tenir compte des causes d'erreur suivantes :

1° L'enregistrement se fait en projection conique, la sphère se trouvant à une certaine distance ($2^{cm},5$) du cylindre enregistreur. On obtient les vraies valeurs du déplacement de la sphère en faisant des corrections déduites de considérations géométriques; elles ne dépassent pas 0,6 pour 100.

2° La variation de l'humidité de l'air produit des changements dans les dimensions du papier photographique. Nous avons mesuré la valeur de ces changements dans des conditions extrêmes de sécheresse et d'humidité; le plus grand changement obtenu est de $1^{mm},094$ pour une longueur du papier de $198^{mm},074$; on a ainsi des variations de 0,5 pour 100. On se met à l'abri de ces causes d'erreur en gravant sur la paroi de la cuve deux traits horizontaux dont la distance est connue avec précision; ces deux traits apparaissent sur les photographies et la mesure de leur distance donne les déformations du papier.

3° La connaissance de la densité et de la viscosité des substances avec lesquelles on expérimente (au moment même de l'enregistrement du mou-

vement) a une très grande importance pour la mesure de la résistance du milieu visqueux. Nous avons employé pour ces mesures une méthode indirecte, mais capable de donner des résultats précis. Nous avons déterminé la densité et la viscosité à diverses températures. pour chaque substance employée; une détermination a été d'abord faite à la température ambiante, puis nous avons fait des mesures dans une enceinte chauffée par des vapeurs liquides : à 35° (éther), à 55°,8 (acétone) et à 80°,4 (benzène). Nous avons utilisé ces mesures pour établir des équations empiriques reliant la densité et la viscosité à la température. On obtient les densités et les viscosités cherchées, avec une grande précision, en introduisant dans ces équations la température mesurée pendant l'enregistrement.



4° L'influence exercée par le mouvement d'une autre sphère à travers le milieu est nette : elle peut produire un accroissement de la vitesse atteignant 30 pour 100, car la sphère en mouvement entraîne des masses importantes du milieu (ce fait a été mis en évidence de plusieurs façons) et le mouvement d'une sphère qui en suit une autre se fait à travers un milieu ayant déjà lui-même un mouvement propre.

Il est utile que les enregistrements soient faits à la même température de sorte que le mouvement de la sphère soit fonction uniquement de son rayon; cela facilite beaucoup l'interprétation des résultats.

La figure montre les résultats obtenus dans ces conditions; en abscisses sont les rayons des sphères et en ordonnées les vitesses mesurées. Ces résultats sont les suivants : *a*. pour les petits rayons les sphères fluides se comportent comme des sphères solides; *b*. pour des rayons plus grands, on

entre dans un domaine où se produisent des changements graduels des conditions du mouvement; *c.* on a ensuite un domaine étendu où la vitesse croît rectilignement avec le rayon; *d.* enfin suit le domaine dans lequel les sphères subissent des modifications de forme rapides et exécutent un mouvement sinusoïdal.

HYDRODYNAMIQUE. — *Problème touchant des tourbillons cylindriques de section finie.* Note de M. **J. Rossignol**, présentée par M. Henri Villat.

Pour résoudre les équations du problème qui ont été données dans la Note présentée à la séance du 19 octobre 1931 (1), la méthode d'approximations successives suivante a été adoptée. Tout d'abord l'équation (6) de cette Note a été mise sous la forme

$$(1)\qquad \varkappa_1 + \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} \varkappa'_1 \, \mathrm{H}(\theta'_1, \theta_1)\, d\theta'_1 = \mathrm{F}_1(\varkappa_1, \theta_1; \varkappa_2),$$

dans laquelle

$$\mathrm{H}(\theta'_1, \theta_1) = -\sum_{p=2}^{\infty} \frac{\cos p(\theta'_1 - \theta_1)}{p},$$

$$\mathrm{F}_1(\varkappa_1, \theta_1; \varkappa_2) = -\frac{k_1}{\zeta_1 \mathrm{R}_1} + \frac{\omega l_1}{\zeta_1}\left(1 + \frac{\varkappa_1}{\mathrm{R}_1}\right)\cos\theta_1 + \frac{\omega \varkappa_1}{\zeta_1}\left(1 + \frac{\varkappa_1}{2\mathrm{R}_1}\right)$$
$$+ \Psi_1(\varkappa_1, \theta_1) + \mathrm{P}_1(\varkappa_1, \theta_1) + \mathrm{Q}_1(\varkappa_1, \theta_1; \varkappa_2) + \frac{l_1}{\mathrm{R}_0}\mathrm{G}_1(\varkappa_1, \theta_1; \varkappa_0),$$

avec

$$\Psi_1(\varkappa_1, \theta_1) = -\frac{\cos\theta_1}{\pi \mathrm{R}_1}\int_0^{2\pi} \varkappa_1^2\left(1 + \frac{\varkappa_1}{3\mathrm{R}_1}\right)\cos\theta_1\, d\theta_1 - \frac{1}{2\pi \mathrm{R}_1}\int_0^{2\pi} \varkappa_1'^2\, \mathrm{K}(\theta'_1, \theta_1)\, d\theta'_1$$
$$+ \frac{1}{\zeta_1 \mathrm{R}_1}(\psi_1^3 + \psi_1^4 + \ldots),$$

$$\mathrm{P}_1(\varkappa_1, \theta_1) = \frac{\zeta_2 \mathrm{R}_2^2}{\zeta_1 \mathrm{R}_1}\left[\frac{\mathrm{R}_1}{\mathrm{L}}\left(1 + \frac{\varkappa_1}{\mathrm{R}_1}\right)\cos\theta_1 + \frac{1}{2}\left(\frac{\mathrm{R}_1}{\mathrm{L}}\right)^2\left(1 + \frac{\varkappa_1}{\mathrm{R}_1}\right)^2\cos 2\theta_1 + \ldots\right],$$

$$\mathrm{Q}_1(\varkappa_1, \theta_1; \varkappa_2) = \frac{\zeta_2 \mathrm{R}_2^3}{\pi \zeta_1 \mathrm{R}_1 \mathrm{L}^2}$$
$$\times\left[\frac{1}{2}\int_0^{2\pi} \varkappa_2 \cos 2\theta_2\left(1 + \frac{3\varkappa_2}{2\mathrm{R}_2} + \frac{\varkappa_2^2}{\mathrm{R}_2^2} + \frac{\varkappa_2^3}{4\mathrm{R}_2^3}\right)d\theta_2\right.$$
$$+ \frac{\mathrm{R}_1}{\mathrm{L}}\left(1 + \frac{\varkappa_1}{\mathrm{R}_1}\right)\cos\theta_1\int_0^{2\pi} \varkappa_2 \cos 2\theta_2\left(1 + \frac{3\varkappa_2}{2\mathrm{R}_2} + \frac{\varkappa_2^2}{\mathrm{R}_2^2} + \frac{\varkappa_2^3}{4\mathrm{R}_2^3}\right)d\theta_2$$
$$\left. - \frac{\mathrm{R}_2}{3\mathrm{L}}\int_0^{2\pi} \varkappa_2 \cos 3\theta_2\left(1 + \frac{2\varkappa_2}{\mathrm{R}_2} + \frac{2\varkappa_2^2}{\mathrm{R}_2^2} + \frac{\varkappa_2^3}{\mathrm{R}_2^3} + \frac{\varkappa_2^4}{5\mathrm{R}_2^4}\right)d\theta_2 + \ldots\right],$$

---

(1) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 700.

et

$$G_1(x_1, \theta_1; x_0) = \frac{\zeta_0}{\pi\zeta_1}\left(1 + \frac{x_1}{R_1}\right)\left[\cos\theta_1 + \frac{l_1}{2R_1}\left(1 + \frac{x_1}{R_1}\right)\cos 2\theta_1\right]\int_0^{2\pi} x_0 \cos 2\theta_0 \, d\theta_0 + \ldots.$$

On commence par faire dans $F_1(x_1, \theta_1; x_2)$ et dans la fonction analogue $F_2(x_2, \theta_2; x_1)$ relative à l'équation (1′) en x_2 analogue à (1), $x_1 = x_2 = 0$, et l'on résout les équations de Fredholm du type classique :

$$x_1^{(1)} + \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} x_1^{(1)\prime} H(\theta_1', \theta_1)\, d\theta_1' = F_1(0, \theta_1; 0),$$

$$x_2^{(1)} + \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} x_2^{(1)\prime} H(\theta_2', \theta_2)\, d\theta_2' = F_2(0, \theta_2; 0).$$

Les solutions sont données par les formules

$$x_1^{(1)} = F_1(0, \theta_1; 0) + \frac{1}{\pi}\sum_{p=2}^{\infty}\frac{\cos p\theta_1}{p}\int_0^{2\pi} F_1(0, \theta_1'; 0)\cos p\theta_1' \, d\theta_1',$$

$$x_2^{(1)} = F_2(0, \theta_2; 0) + \frac{1}{\pi}\sum_{p=2}^{\infty}\frac{\cos p\theta_2}{p}\int_0^{2\pi} F_2(0, \theta_2'; 0)\cos p\theta_2' \, d\theta_2'.$$

Puis on remplace dans $F_1(x_1, \theta_1; x_2)$ et dans $F_2(x_2, \theta_2; x_1)$, x_1 et x_2 par les fonctions $x_1^{(1)}$ et $x_2^{(1)}$ ainsi trouvées et l'on résout les équations

$$x_1^{(2)} + \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} x_1^{(2)\prime} H(\theta_1', \theta_1)\, d\theta_1' = F_1(x_1^{(1)}, \theta_1; x_2^{(1)}),$$

$$x_2^{(2)} + \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} x_2^{(2)\prime} H(\theta_2', \theta_2)\, d\theta_2' = F_2(x_2^{(1)}, \theta_2; x_1^{(1)});$$

à partir de $x_1^{(2)}$ et $x_2^{(2)}$ on calcule de même $x_1^{(3)}$ et $x_2^{(3)}$, et ainsi de suite. D'une manière générale on calculera $x_1^{(n)}$ et $x_2^{(n)}$ à partir de $x_1^{(n-1)}$, $x_2^{(n-1)}$ au moyen des équations

$$x_1^{(n)} + \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} x_1^{(n)\prime} H(\theta_1', \theta_1)\, d\theta_1' = F_1(x_1^{(n-1)}, \theta_1; x_2^{(n-1)}),$$

$$x_2^{(n)} + \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} x_2^{(n)\prime} H(\theta_2', \theta_2)\, d\theta_2' = F_2(x_2^{(n-1)}, \theta_2; x_1^{(n-1)}).$$

On peut démontrer que si R_1/L et R_2/L sont suffisamment petits, $x_1^{(n)}$ et $x_2^{(n)}$ tendent respectivement pour $n \to \infty$ vers deux fonctions x_1 et x_2 bien déterminées et uniques qui satisfont aux équations (1) et (1′). Ces solutions x_1 et x_2 sont assujetties à satisfaire en outre aux relations complémentaires

(3) et (4) de la précédente Note qui permettent de déterminer k_1, k_2 et ω en fonction des données du problème.

Les solutions $\varkappa_1$ et $\varkappa_2$ étant développables suivant les puissances croissantes de R_1/L et R_2/L, il est possible de calculer rapidement en appliquant la méthode précdentes les fonctions de θ_1 et de θ_2 constituant les coefficients des premiers termes ae ces développements.

En supposant R_0 choisi assez grand pour que l_1/R_0 et l_2/R_0 soient négligeables devant les puissances conservées de R_1/L et R_2/L, et en limitant les développements aux termes en $(R/L)^5$, on obtient les solutions suivantes :

$$\begin{aligned}\varkappa_1 = & -\frac{\zeta_2^2}{4\zeta_1^2}R_1\left(\frac{R_2}{L}\right)^4 - \frac{\zeta_2^2}{2\zeta_1^2}R_1\frac{R_1R_2^4}{L^5}\cos\theta_1 + \frac{\zeta_2}{\zeta_1}R_1\left(\frac{R_2}{L}\right)^2\left(1-\frac{2\zeta_2}{\zeta_1}\frac{R_2^2}{Ll_1}\right)\cos 2\theta_1 \\ & + \frac{\zeta_2}{2\zeta_1}R_1\frac{R_1R_2^2}{L^3}\left(1-\frac{3}{2}\frac{\zeta_2}{\zeta_1}\frac{R_2^2}{Ll_1}\right)\cos 3\theta_1 + \frac{\zeta_2}{\zeta_1}R_1\left(\frac{R_2}{L}\right)^4\left(\frac{R_1^2}{3R_2^2}+\frac{3}{4}\frac{\zeta_2}{\zeta_1}\right)\cos 4\theta_1 \\ & + \frac{\zeta_2}{\zeta_1}R_1\frac{R_1R_2^4}{L^5}\left(\frac{R_1^2}{4R_2^2}+\frac{\zeta_2}{\zeta_1}\right)\cos 5\theta_1.\end{aligned}$$

Formule analogue pour $\varkappa_2$, en changeant dans la précédente les indices 1 en indices 2, et L en $-$L.

Quant à la vitesse de rotation ω du système des deux tourbillons elle est donnée par la formule

$$\omega = \frac{I}{\pi L^2}\left(1 + \frac{R_1^2R_2^2}{L^4}\frac{\zeta_1^2+\zeta_2^2}{\zeta_1\zeta_2}\right) + O_7\left(\frac{L}{R}\right),$$

dans laquelle on a

$$I = \pi(\zeta_1 R_1^2 + \zeta_2 R_2^2).$$

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un appareil d'accouplement élastique permettant la mesure et l'enregistrement graphique des couples de rotation.* Note de M. **André Douillet**, présentée par M. d'Ocagne.

Quand un organe moteur, arbre, poulie ou autre, doit entraîner dans son mouvement de rotation un organe d'utilisation, on peut avoir intérêt à mesurer d'une façon continue et à enregistrer sur un graphique la valeur du couple de rotation fourni par l'organe moteur à l'organe mené. Le dispositif d'accouplement suivant permet de réaliser d'une façon simple l'enregistrement continu du couple :

L'organe moteur est solidaire d'un bras radial perpendiculaire à l'axe de rotation; le long de ce bras coulisse une douille portant un petit galet d'axe parallèle à l'axe de rotation. Un ressort, comprimé entre l'extrémité

du bras radial et la douille portant le galet, sollicite constamment ce dernier vers l'axe.

L'organe mené est solidaire d'autre part d'une rampe située dans le même plan perpendiculaire à l'axe que le galet. Ce dernier que l'action du ressort maintient appuyé sur la rampe, peut rouler sur elle. La rampe est convenablement inclinée par rapport au bras radial pour que celui-ci l'entraîne dans son mouvement de rotation par l'intermédiaire du galet. On réalise ainsi une liaison mécanique élastique entre la rotation du bras radial et celle de la rampe.

En régime, le galet est soumis à l'action des trois forces suivantes, qui s'équilibrent si l'on néglige les masses du galet et du ressort :

a. Une force motrice M, due au couple transmis par l'arbre moteur, normale au bras radial.

b. La réaction N, due au couple résistant à vaincre, de la rampe sur le galet; cette réaction est normale à la rampe si le galet y roule sans frottement.

c. La tension R du ressort dirigée vers l'axe de rotation le long du bras radial.

Si le couple résistant augmente, la réaction N augmente, et par suite les deux autres forces M et R doivent également augmenter pour l'équilibrer; l'augmentation que doit subir R est obtenue automatiquement par la compression du ressort; l'augmentation de M est obtenue grâce à une augmentation convenable du couple moteur.

Il s'établit ainsi un nouvel état d'équilibre auquel correspond une nouvelle position du galet; cette position est donc fonction de la valeur du couple transmis. *Pour enregistrer* cette valeur, il suffit alors d'enregistrer le déplacement du galet le long du bras radial; pour cela on relie la douille porte-galet par un fil inextensible à une pièce coulissant le long de l'axe de rotation; on n'a plus ainsi à enregistrer qu'un simple déplacement linéaire.

Le choix de la rampe est déterminé par le but à obtenir; il est commode de la construire de telle sorte que le galet, en se déplaçant sur elle, ait à gravir une pente constante et de 45°; dans ce cas le profil de la rampe est une spirale logarithmique; en régime la tension R du ressort doit alors être constamment égale à la force motrice M; ce fait rend facile le réglage de l'appareil, qui peut se faire en déplaçant plus ou moins par un écrou de serrage la base du ressort; en supposant la tension du ressort proportionnelle à son écrasement, appelant d la distance de la base du ressort à l'axe de rotation et x la distance enregistrée du galet à ce même axe, le couple est

une fonction de la forme $Kx/d - x$, la constante K dépendant de la force et du réglage du ressort.

Pour *limiter* le couple à un maximum déterminé, la rampe peut être elle-même limitée à une distance telle de l'axe de rotation, que le galet s'en échappe, rompant la liaison entre l'organe moteur et l'organe mené lorsque ce maximum est atteint. Dans ce cas l'appareil est disposé pour laisser l'organe moteur tourner fou dès que le galet a échappé à la rampe. L'inertie de la rampe qui reste solidaire de l'organe mené peut être, par construction, rendue extrêmement faible, alors que dans tout système d'arrêt automatique agissant par exemple sur la commande électrique du moteur, l'organe mené doit en cas d'arrêt absorber encore toute la force vive du rotor et des transmissions.

Si le mouvement de rotation doit se faire tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, une seconde rampe, d'inclinaison contraire à la première, assure l'entraînement de l'organe mené dans l'autre sens.

Un dispositif semblable, symétrique du premier par rapport à l'axe de rotation, permet d'équilibrer entièrement l'ensemble.

ASTRONOMIE. — *Orientation originelle et actuelle des orbites des petites planètes et de Jupiter en rapport avec les causes des excentricités primitives.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Mes Notes antérieures relatives aux petites planètes (¹) n'en avaient utilisé que 635 à 800. Les statistiques élaborées par M. Fayet (Notice de l'*Annuaire des Longitudes* de 1932) sont relatives aux 1152 petites planètes cataloguées et permettent de confirmer les conclusions auxquelles j'étais arrivé précédemment.

C'est l'aphélie qui est la position cosmogonique intéressante d'une planète : c'est en ce point qu'elle entre dans son orbite autour du Soleil après que son anneau s'est condensé en planète. A l'origine, d'après notre cosmogonie dualiste, toutes les planètes occupent en même temps et du même côté du Soleil leurs positions d'aphélie dans un plan perpendiculaire à l'écliptique. Mais l'anneau de Jupiter en raison de sa masse monte beaucoup plus rapidement vers l'écliptique que les petites planètes dont beaucoup s'arrêtent dans leur ascension d'où leurs *inclinaisons d'orbite*.

(¹) *Comptes rendus*, **147**, 1908, p. 1460; **171**, 1920, p. 704; **173**, 1921, p. 1069.

L'anneau de Jupiter dans son ascension rapide capte à son profit des masses nébuleuses qui auraient dû alimenter les petites planètes en arrière dans leur ascension à travers la nébuleuse : d'où leur *très petite masse*. La dispersion des petites planètes est due, selon nous, non à des explosions successives suivant les théories de Young et K. Hirayama, mais au choc de l'anneau planétaire x_{10} (rayon 2,939 u. a. donné par la loi des distances planétaires et peu différent de la distance aphélie de Cérès) sur l'enveloppe des masses légères repoussées loin du protosoleil par sa force répulsive énorme variant de 600000 à 2500 fois celle du Soleil. La trace de cette enveloppe est sur la carte des aphélies que j'ai dressée en 1908.

D'après ce qui précède, l'orientation des aphélies des petites planètes sur celle de Jupiter qui était absolue à l'origine doit encore subsister largement. Pour le vérifier, évitons de centrer la statistique sur le point γ puisque *a priori* la position de l'équateur de la Terre n'a rien à voir avec la géographie des planètes. Considérons les quadrants limités aux longitudes 324°, 54°, 144°, 234°. Le premier a son milieu à la longitude 9° voisine de celle 13°14′ de Jupiter. On trouve la répartition suivante des N périhélies contenus dans chaque cadrant :

Longitudes.....	324° → 54°	→ 144°	→ 234°	→ 324°	
N............	462	266	162	261	(total : 1151)

On voit déjà l'extrême concentration des N dans le quadrant centré sur le périhélie de Jupiter, ainsi que la symétrie presque parfaite de part et d'autre (266 et 261). Mais on peut encore mieux préciser cette concentration en considérant des intervalles de 36° à partir de 0° → 36°, dont le milieu 18° est à moins de 5° de la longitude du périhélie de Jupiter. On trouve alors la répartition des N′ périhélies dans un tableau où ont été superposés les intervalles de 36° diamétralement opposés :

	0 → 36°	→ 72°	→ 108°	→ 144°	→ 180°	→ 216°
N′...	194	171	109	79	67	60
	360° ←	324° ←	288° ←	252° ←	216°	
N′...		175	127	100	69	

La concentration autour du périhélie de Jupiter est marquée par le rapport 194 : 60 = 3,23 qui dépasse de beaucoup celle que fait prévoir la théorie de Newcomb : ce qui semble bien démontrer que cette orientation commune remonte à l'origine du système planétaire comme nous l'avions prévu.

Cette recherche est intimement liée à celle de l'origine des excentricités à laquelle notre cosmogonie a reconnu deux causes principales :

1° Les anneaux planétaires, d'abord circulaires puisque émis par l'équateur du protosoleil, dont le rayon valait 62,3 fois celui du Soleil, ont été entraînés dans son mouvement de translation à travers la nébuleuse dans une direction faisant un angle de 28° avec l'axe de l'écliptique et projetée sur ce plan vers le point γ. Par réaction de la résistance de milieu, les anneaux ont été poussés vers la longitude 180°, acquérant ainsi une excentricité e_1 d'autant plus grande que les orbites plus rapprochées de l'écliptique ont une inclinaison i moins forte.

2° Lorsqu'un anneau planétaire circulaire se condense à grande distance de l'écliptique en une petite planète dont la période de révolution est en moyenne de 1700 jours, le protosoleil monte jusqu'à l'écliptique en moins de 10 jours s'éloignant ainsi de la petite planète dont le rayon vecteur se trouve ainsi celui de l'aphélie. Ce mécanisme correspond à la relation suivante entre e et i,

$$(\cos 28^\circ = (1 + e)\cos(28^\circ + i).$$

Nous avons vérifié (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 147) que cette relation donne très exactement les excentricités d'orbite de la Lune et de Pluton. Elle correspond aux valeurs suivantes de e et i très voisines des valeurs observées :

$i = 0$	5°	10°	15°	20°	25°
$e = 0$	0,053	0,120	0,207	0,319	0,467

Pour 727 orbites dont les e varient de 0,079 à 0,199 avec une valeur moyenne $i = 9°4'$ et une moyenne $e = 0,138$, la formule donne seulement $e = 0,106$. La différence 0,032 représente la valeur moyenne de e.

Notre théorie de la dispersion des astéroïdes montre que leurs densités moyennes doivent décroître de Mars vers Jupiter tendant vers la densité moyenne 2,59 de ces deux planètes. La masse totale de l'anneau serait ainsi 1 : 1831 de la masse de la Terre.

GÉOGRAPHIE. — *Sur une erreur de Posidonius et son influence sur la découverte de l'Amérique.* Note de M. D. **Eginitis**, présentée par M. Perrier.

Dans une Note communiquée à l'Académie d'Athènes (*Praktika*, juin 1931) nous avons montré que l'inexactitude systématique des longi-

tudes de Ptolémée, ainsi que le grand allongement de la Méditerranée et de l'Asie vers l'Est, qui en est le résultat, proviennent de la valeur, *trop petite*, employée par cet auteur dans la transformation des *longueurs en degrés*. En effet, d'après Ptolémée, conformément aux nombres acceptés, chaque degré du grand cercle terrestre vaut 500 stades; par conséquent, la circonférence terrestre vaudrait 180000 stades, c'est-à-dire (¹) 28350^{km} au lieu de 40000^{km} (*Géographie*, I, 11).

Il est cependant curieux de voir Ptolémée employer une valeur de la circonférence de la Terre si erronée et si inférieure à celle trouvée par Eratosthène (252000 stades, soit 39375^{km}), d'une exactitude vraiment surprenante. Il y a lieu de se demander d'où provient cette évaluation, dont l'énorme inexactitude a si gravement influé sur la Géographie et la Navigation pendant un grand nombre de siècles, mais qui, d'un autre côté, a eu aussi des conséquences très heureuses et d'un intérêt universel.

Bien que Ptolémée décrive longuement dans sa *Géographie* (I, 2, 3) une méthode à lui pour la mesure de la Terre, il garde cependant le silence au sujet de l'opération qui lui aurait donné la valeur ci-dessus. L'opinion dominante jusqu'à présent est que cette valeur est le résultat de la célèbre évaluation faite par Posidonius d'un arc de méridien entre Rhodes et Alexandrie. Mais, d'après Cléomède (*Météores*, I, 10, 52), l'évaluation de Posidonius, de la hauteur méridienne à Alexandrie (7° 30′) de Canopus, étoile qui raserait l'horizon à Rhodes, et la distance entre ces deux villes (5000 stades), donneraient pour la circonférence de la Terre 240000 stades, « *s'il y a bien, dit-il,* 5000 *stades, entre Rhodes et Alexandrie; sinon en proportion de cette distance...* ». D'un autre côté, Strabon (II, 2, 2) écrit: « Et si nous employons parmi les plus récentes mensurations celle *qui fait la Terre très petite*, telle que l'admet Posidonius, environ 180000 stades... ».

Un peu plus loin (II, 3, 6) il ajoute: « Posidonius présume que l'étendue de l'ancien monde étant égale à environ 70000 stades, cette longueur est presque la moitié du parallèle correspondant, de sorte qu'on n'a qu'à parcourir cette distance pour arriver chez les habitants de l'Inde. »

En d'autres termes, la longueur adoptée par Posidonius, pour l'équateur, serait environ 180000 stades. Il en résulte donc que l'opération de Posidonius a donné, pour le grand cercle de la sphère terrestre, suivant Cléomède 240000 et suivant Strabon 180000 stades. Il y a donc lieu de se demander

(¹) La valeur du stade que nous employons ici est 157^{m},50.

laquelle de ces deux valeurs est le véritable résultat de la mesure de Posidonius.

Comme on le sait, les éléments employés par Posidonius dans cette mesure étaient très *exagérés;* l'arc en question n'a que 5°,2 d'amplitude au lieu de 7°,5 et, d'après Eratosthène, 3750 stades de longueur au lieu de 5000. Ces deux grandes erreurs, qui se sont presque compensées, ont fait que le résultat énoncé par Cléomède ne diffère pas beaucoup de la vraie valeur du méridien terrestre.

Mais si l'on admet, suivant l'estimation d'Eratosthène, 3750 stades pour la distance des deux villes et 7°,5 pour l'amplitude de l'arc correspondant, on trouve exactement 180000 stades. Ce résultat proviendrait donc, d'après une remarque très judicieuse faite aussi par M. Buthelot (*Comptes rendus*, 18 avril 1932), de ce que l'erreur de Posidonius sur la distance relative dût être bientôt aperçue et corrigée. D'ailleurs, Cléomède lui-même, comme nous venons de voir, a fait toute réserve à ce sujet, en écrivant qu'on trouve 240000 stades s'il y en a 5000 de Rhodes à Alexandrie; sinon, il faut corriger ce nombre en proportion de la distance. Mais celui qui a fait cette correction, sans corriger la valeur tout aussi erronée de l'amplitude (7°,5), a trouvé forcément un nombre *trop petit* (180000 stades). On ne trouve pas un mot sur ce sujet ni dans Strabon ni dans Ptolémée, qui, tous les deux, ont adopté la diminution du nombre 240 000 stades, admis d'abord à titre provisoire par Cléomède, sous réserve de la vérification des 5000 stades de la distance. Probablement ce n'est pas Posidonius lui-même qui a effectué cette diminution; car, dans ce cas, Cléomède l'aurait rapportée, bien que Strabon affirme formellement que Posidonius admet environ 180000 stades pour la circonférence terrestre.

L'adoption par Ptolémée et par Strabon d'un nombre de stades si faible pourrait faire croire, et en effet on l'a souvent soutenu, *qu'il s'agit d'un autre stade*, beaucoup plus grand. Mais cette supposition n'est point fondée, comme nous avons déjà montré, par toute une série d'arguments, dans notre Note précitée.

Mais tandis qu'on a pu corriger la longueur en stades, on n'en a pas fait autant pour l'amplitude en degrés de l'arc en question; et c'est de cette erreur que résulte la grosse erreur sur les dimensions de la Terre de Ptolémée.

C'est cette valeur erronée de Posidonius, adoptée par Strabon ainsi que par Ptolémée après lui, parmi les plus récentes mesures alors connues, *qui*

faisait la Terre trop petite. Et cette erreur de Ptolémée n'a pas seulement allongé considérablement l'étendue (177°15') de la partie de la zone, comprenant le monde alors connu, mais elle a, d'un autre côté, réduit la partie restante de cette zone, qu'on croyait égale à 182°45', d'environ un tiers de sa valeur vraie.

Cette erreur eut une heureuse conséquence : c'est à cause d'elle que Colomb tenta le voyage des colonnes d'Hercule aux Indes; c'est sur la foi des mesures de Ptolémée qu'il a fondé sa conviction et cru qu'il n'avait qu'un court voyage à accomplir pour toucher aux extrémités orientales de l'Asie. C'est donc surtout grâce à l'erreur de Posidonius et, par conséquent, à celle de Strabon et de Ptolémée sur les dimensions de la Terre que le monde est en quelque mesure redevable à Colomb de la plus splendide des découvertes géographiques, celle de l'Amérique.

MAGNÉTISME. — *Susceptibilité magnétique de la vapeur de soufre.* Note de M. **L. Néel**, transmise par M. Pierre Weiss.

O^2 et NO sont les seules substances à l'état gazeux sur lesquelles a pu être faite la vérification de la théorie de Van Vleck. S^2 permet de soumettre cette théorie à un nouveau contrôle. En effet, d'après Naudé et Christy [1], l'état fondamental de la molécule S^2 est l'état $^3\Sigma$, identique à celui de l'oxygène. En fait Shaw et Phipps [2], par la méthode de Stern et Gerlach, ont montré qualitativement que la vapeur de soufre possédait un moment magnétique. L'expérience est compliquée du fait de la présence simultanée de S^8, S^6 et S^2 dans la vapeur de soufre, ainsi qu'il résulte de nombreuses expériences, parmi lesquelles les mesures de Preuner et Schupp [3] sur la densité de la vapeur de soufre. D'après les mesures thermomagnétiques de Honda [4] et de Owen [5], la susceptibilité du soufre liquide, rapportée au gramme, est toujours voisine de $-0{,}49 \times 10^{-6}$. Donc les molécules S^8 et S^6 qui constituent vraisemblablement le soufre liquide, en des proportions variables suivant la température, sont toutes deux diamagnétiques avec des susceptibilités spécifiques voisines. Quant

(1) *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 1800.
(2) *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 174.
(3) *Z. Physik. Chem.*, 68, 1909, p. 129.
(4) *Sc. Rep. Tôhoku Imp. Univ.*, 1, 1912, p. 1
(5) *Ann. der Physik*, 37, 1912, p. 657.

à S^2, on ne possédait encore aucune donnée sur ses propriétés magnétiques.

J'ai mesuré la susceptibilité de la vapeur de soufre, par la méthode d'attraction dans un champ non uniforme, au moyen d'un pendule de translation. Une petite quantité de soufre, quelques milligrammes, était scellée dans une ampoule de quartz, dans le vide. Au préalable, j'avais étudié, en fonction de la température, la susceptibilité de la même ampoule scellée et vide. L'ampoule ayant à supporter des pressions de 5 à 6^{atm} doit être prise assez épaisse et sa masse est des centaines de fois plus grande que celle du soufre : les corrections sont grandes et les expériences délicates. De plus, le pendule de translation manque de sensibilité pour de telles recherches; aussi les résultats suivants ne peuvent-ils être considérés que comme ceux d'une première exploration. J'ai étudié trois ampoules A, B, C, de volume intérieur v, contenant une masse m de soufre :

A...........................	$v = 0,676$ cm³	$m = 1,001$ mg
B...........................	0,716	2,546
C...........................	0,744	3,287

1. T°.	2. Attraction.	3. $\chi \times 10^6$.	4. S^2 pour 100.	5. $\chi_{S^2} \times 10^5$.
Ampoule A :				
617°..................	0,65	3,93	32	12,3
650..................	1,08	6,54	49	13,3
685..................	1,29	7,80	64	12,2
727..................	1,30	7,87	81	9,73
762..................	1,30	7,87	90	8,75
800..................	1,36	8,24	97	8,50
Ampoule B :				
595..................	0,76	1,81	15	12,1
650..................	1,49	3,54	28	12,6
725..................	2,49	5,92	57	10,4
760..................	2,73	6,48	73	8,88
800..................	3,07	7,30	87	8,40
Ampoule C :				
590..................	0,84	1,55	12	12,9
630..................	1,11	2,04	19	10,7
710..................	2,39	4,40	45	9,78
765..................	3,02	5,55	69	8,05
810..................	3,66	6,72	85	7,90

la colonne 2 du tableau donne, en unités arbitraires, l'attraction sur le soufre : l'erreur absolue est de $\pm 0,2$. Les températures sont données dans la colonne 1 en degrés centigrades. La colonne 3 donne la susceptibilité du gramme de soufre, corrigée du diamagnétisme observé dans la région où la dissociation en S^2 est négligeable et multipliée par 10^{-6}. La vapeur de soufre est paramagnétique, sa susceptibilité croît rapidement avec la température.

Entre les trois constituants S^8, S^6 et S^2 de la vapeur de soufre existent les deux réactions réversibles : $3 S^8 \rightleftharpoons 4 S^6$ et $S^6 \rightleftharpoons 3 S^2$. Preuner et Schupp (*loc. cit.*) donnent les constantes d'équilibre correspondantes en fonction de la température. Au moyen de ces données, j'ai calculé, en pour-cent, la quantité de S^2 contenue dans chaque ampoule à une température donnée (colonne 4). J'en déduis, dans la colonne 5, la susceptibilité rapportée au gramme de S^2. Aux erreurs d'expérience près, les valeurs calculées concordent pour les trois ampoules : elles reposent sur les constantes de dissociation calculées par Preuner et Schupp. Ils n'ont pas dépassé dans leurs expériences 1000^{mm} de Hg. Ici, dans les ampoules B et C, les pressions étaient nettement supérieures; l'extrapolation est sujette à caution. Cependant, la concordance avec les valeurs données par l'ampoule A, où les pressions restent dans les limites de celles de Preuner et Schupp, montrent que les erreurs correspondantes doivent être faibles. La susceptibilité de S^2 décroît avec la température trois fois plus vite que ne l'indiquerait la loi de Curie. Il est vraisemblable que le moment magnétique est variable : on a, en appliquant la formule de Langevin, à 600°, $11,7 \pm 0,6$ magnéton de Weiss, et à 800°, $10,4 \pm 0,3$ magnéton. Si toutes les molécules étaient dans l'état fondamental, on aurait 14,06 magnétons. Une partie se trouve probablement à un niveau énergétique de moment plus faible.

S^2 est paramagnétique, ses propriétés sont nettement différentes de celles que donne la théorie simple applicable à O^2.

SPECTROSCOPIE. — *Essai de coordination des bandes d'absorption infrarouges de quelques carbures à noyau.* Note de M. **J. Lecomte**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons étudié la classification des bandes d'absorption de carbures à noyau (à l'état liquide), que nous avions obtenues avec notre spectromètre enregistreur pour l'infrarouge, entre les longueurs d'onde de 6

et 16 μ (1). Nous trouvons que les fréquences ν (exprimées en cm^{-1}) des bandes d'absorption sucessives se calculent le mieux au moyen de relations paraboliques de la forme (2) :

$$\nu = a + bn + cn^2,$$

a, *b*, *c*, constantes; *n*, suite des nombres entiers.

Benzène. — *Première suite :*

$$\nu = 677 + 170n + n^2.$$

Observé	677	847	1022	1267	1366
Calculé	677	848	1021	1196	1373

On remarquera que $677 = 4 \times 170 - 3$, c'est-à-dire que la première bande que nous avons mesurée représenterait, en réalité, le quatrième harmonique d'une suite de bandes situées dans l'infrarouge plus lointain et espacées de $\Delta\nu = 170\,cm^{-1}$. Ce nombre est à rapprocher de celui de $160\,cm^{-1}$ qui se présente à propos de l'absorption dans l'ultraviolet de la vapeur de benzène.

Deuxième suite (où les quatre dernières bandes sont empruntées aux résultats de Coblentz) :

$$\nu = 767 + 188n + 4n^2.$$

Observé	770	962	1155	1366	1612	1817	2040	2272
Calculé	767	959	1159	1367	1583	1807	2039	2279

La fréquence de la première bande de cette suite ($767 = 4 \times 188 - 15$) représenterait sensiblement le quatrième harmonique d'une suite avec une différence de fréquence de $\Delta\nu = 188\,cm^{-1}$.

Ces deux suites permettent de classer toutes les bandes que nous avons mesurées sans que l'on prévoie des bandes non observées (3).

Toluène. — Toutes les bandes d'absorption que nous avons observées se

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 77 et 960.

(2) On sait que Kratzer avait proposé, pour représenter les oscillations anharmoniques des molécules, une formule analogue, mais dans laquelle le coefficient *c* était obligatoirement négatif. Ici, en nous tenant en dehors de toute interprétation théorique, nous constaterons seulement que *c*, tout en restant petit par rapport à *a* et *b*, a été trouvé, suivant les cas, positif ou négatif.

(3) Ainsi que pour tous les carbures qui suivent, il y a en outre d'autres suites, situées dans le proche infrarouge, et, en particulier, une suite dont la fréquence fondamentale se place près de $1480\,cm^{-1}$.

laissent calculer au moyen de quatre suites dont les deux premières reproduisent sensiblement les deux suites du benzène.

Première suite :

676	843	1029	1166	1379

Deuxième suite :

781	956	1166	1379	1612

Troisième suite :

$$\nu = 695 + 265\,n - 0,5\,n^2.$$

Il semblerait que cette différence de fréquence de 265 cm^{-1}, entre les bandes successives de l'infrarouge, se retrouve également dans le spectre d'absorption ultraviolet de la vapeur de toluène.

Quatrième suite :

$$\nu = 731 + 161\,n + 4,5\,n^2.$$

Les constantes des troisième et quatrième suites donnent les relations :

$$695 = 2 \times 265 + 165,$$
$$731 = 4 \times 161 + 187.$$

On aurait ainsi à considérer deux niveaux fondamentaux d'environ 165 et 187 cm^{-1} (c'est-à-dire assez voisins de ceux du benzène) à partir desquels les troisième et quatrième suites s'établissent avec des différences de fréquence de 265 et 161 cm^{-1} respectivement.

Xylènes. — En appliquant la même méthode de calcul, on aboutira à quatre suites pour les xylènes ortho et méta, et à trois suites pour le para : 1° L'ortho redonne sensiblement la première suite du benzène à l'exclusion de la deuxième, les méta et para, la seconde suite du benzène à l'exclusion de la première; 2° Il existe une suite avec $\Delta\nu = 248\,cm^{-1}$ pour l'ortho, $251\,cm^{-1}$ pour le méta et $243\,cm^{-1}$ pour le para; 3° Pour l'ortho, on trouve, en plus, deux suites, possédant toutes deux une différence de fréquence $\Delta\nu$ voisine de $135\,cm^{-1}$, mais dont l'une part du niveau fondamental de la première suite du benzène ($170\,cm^{-1}$) et l'autre de $135\,cm^{-1}$. Avec le méta, la troisième suite met en évidence $\Delta\nu = 192\,cm^{-1}$. Elle partirait du niveau $2 \times 251\,cm^{-1}$, tandis que la quatrième suite, avec $\Delta\nu = 230\,cm^{-1}$, aurait comme origine le niveau $2 \times 170\,cm^{-1}$. Enfin, le para donnerait lieu à une troisième suite partant aussi du niveau $2 \times 170\,cm^{-1}$ avec des bandes espacées de $234\,cm^{-1}$.

Naphtalène. — Son spectre se laisse calculer, dans notre région, au moyen de quatre suites. Deux d'entre elles possèdent la même différence de

fréquence, voisine de 246cm^{-1}, mais l'une prend son point de départ du niveau 208cm^{-1} et l'autre du niveau $3 \times 208 \text{cm}^{-1}$. La troisième suite fait appel à $\Delta\nu = 194 \text{cm}^{-1}$, avec l'origine au niveau $3 \times 208 \text{cm}^{-1}$, et enfin la quatrième suite indique un espacement des bandes successives de 208cm^{-1}. Ce dernier nombre, qui s'introduit ainsi dans les quatre suites du naphtalène, est à rapprocher de celui de 203cm^{-1} indiqué par V. Henri pour calculer le spectre d'absorption ultraviolet de ce composé.

PHOSPHORESCENCE. — *Sulfures phosphorescents : Action extinctrice des métaux du groupe du fer.* Note de MM. **Maurice Curie** et **Jean Saddy**, présentée par M. Jean Perrin.

L'action extinctrice de traces de fer introduites accidentellement lors de la préparation des sulfures phosphorescents est un phénomène connu de tous ceux qui se sont occupés de ces préparations. On n'a pas donné jusqu'ici une explication satisfaisante de ce fait, qui se retrouve avec le nickel et le cobalt. Ce phénomène d'extinction doit être probablement rapporté, comme les phénomènes d'optimum de concentration en luminogène, à des transferts d'énergie de molécules à molécules.

L'excitation de la phosphorescence des sulfures est liée à une ionisation des centres luminogènes. Cette ionisation apparaît dans les mesures d'émission photo-électrique et de photoconductibilité. Voici des résultats relatifs à la photoconductibilité du sulfure de zinc phosphorescent à teneurs diverses en métaux étrangers.

Le produit était obtenu par autoréaction du Zn et du S en présence d'acide borique (Coustal et Prévet) (1); les métaux étrangers étaient ajoutés à l'état de chlorures avant la réaction. Sans addition de métal étranger, on obtient un produit très luminescent. On n'est d'ailleurs pas fixé sur la nature des centres luminogènes de ce ZnS ainsi préparé. Finalement, le ZnS est débarrassé de son acide borique (extraction à l'acétone dans un appareil Soxhlet).

Pour mesurer la conductibilité, on dispose le ZnS dans une longue rainure de 1^{mm} de large et de 1^{mm} de profondeur. L'un des bords de la rainure est en communication avec la tension (200 volts environ) et l'autre bord avec un électromètre. Le courant se polarise assez rapidement. On opère dans des conditions aussi semblables que possible. Le ZnS est insolé à refus

(1) Coustal, *Thèse*, Paris, 1931; Prévet, *Thèse*, Paris, 1931.

avant la mise de la tension et la mesure de conductibilité, qui est faite sous l'éclairement.

Intensités du courant de conductibilité (unité arbitraire)
et intensités de luminescence (relatives).

A la concentration.	C.	C'.	I.
Addition de cobalt :			
10^{-6}	11,5	4,5	0,60
10^{-5}	12,9	4,8	0,13
10^{-4}	6,3	1,6	très faible ou nulle
10^{-3}	1,2	0,4	»
Addition de fer :			
10^{-5}	10,2	5,0	0,60
10^{-3}	3,9	1,2	très faible ou nulle
Sans addition de métal étranger (étalon) :			
Premier échantillon	13,5 } 12,1	5,0 } 4,5	1,0
Deuxième échantillon	10,7	4,1	1,0
Addition de plomb (sans action) :			
10^{-5}	10,8	3,8	1,0
10^{-4}	11,0	4,0	1,0
10^{-3}	9,7	4,1	1,0

C : conductibilité sous la lumière totale d'un arc mercure-verre;
C' : conductibilité en interposant un verre Wood (transparence $0^{\mu},36$);
I : intensités relatives de luminescence sous l'arc. Les intensités de phosphorescence, mesurées une minute après l'excitation, avaient sensiblement les mêmes valeurs relatives que les intensités I. La conductibilité dans l'obscurité est toujours relativement très faible, même pour les produits à la concentration 10^{-3}. La correction en a été faite.

Le *cobalt* paraît être l'extincteur le plus puissant, tout au moins pour le ZnS préparé comme il a été dit (Coustal). Aux basses concentrations en cobalt, l'ionisation existe toujours, bien que la luminescence soit déjà très affaiblie.

Il ne s'agit donc pas vraisemblablement d'un simple déplacement par le cobalt du métal actif du centre luminogène, explication qui a été proposée.

Il faut en premier lieu admettre que l'énergie d'activation du centre luminogène puisse être transférée (1) à une molécule dans laquelle est

(1) Sans doute au moment où va s'effectuer le retour à l'état normal.

engagé un atome de cobalt, ou à cet atome même. Les métaux du groupe du fer sont des métaux à sous-groupe électronique interne incomplet [1]. Les électrons internes sont liés au noyau par un couplage presque aussi lâche que les électrons périphériques; il est bien connu que les ions de ces métaux peuvent absorber des quanta de lumière visible.

Dans le cas des solutions fluorescentes, la possibilité d'un transfert d'activation entre molécules différentes a été mise en évidence par J. Perrin [2] : il suffit que les bandes d'absorption des différentes molécules soient voisines, ce qui correspond à des fréquences d'activation peu différentes, à la résonance. Nous avons vérifié que les ZnS au cobalt et au fer présentent une forte absorption dans les régions spectrales d'excitation du ZnS exempt d'addition extinctrice.

A la concentration en cobalt de 10^{-6}, la luminosité du ZnS est déjà nettement affaiblie. La concentration en luminogène, très faible, est difficile à préciser. Néanmoins, il semble que les transferts d'énergie peuvent s'effectuer à des distances de plusieurs centaines d'angströms, distances plus grandes que les distances maxima de transfert observées pour les solutions fluorescentes [3].

Le simple transfert d'énergie du centre luminogène au centre de cobalt paraît devoir expliquer ici l'extinction; car on peut admettre que les centres de cobalt ne sont que très faiblement photoluminescents.

Il est enfin à remarquer que l'effet de photoconductibilité décroît aux fortes concentrations en cobalt.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Sur l'interprétation d'un effet magnéto-optique.* Note de M. **Marcel Cau**, présentée par M. A. Cotton.

I. En 1917, Pogány annonça [4] que la rotation magnétique (effet Faraday) d'une couche mince de fer était modifiée par l'existence au contact du fer d'une couche d'un autre métal, non ferromagnétique, tel que le

(1) A. Guntz a déjà attiré l'attention sur le rôle spécial que paraissent avoir, dans la luminescence des sulfures, les éléments de transition de la classification de Mandéléieff.

(2) J. Perrin, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1097.

(3) Sur les distances de transfert d'activation dans les solutions fluorescentes, voir F. Perrin, *Ann. de Phys.*, **17**, 1932, p. 283.

(4) *Physikalische Zeitschrift*, **18**, 1917, p. 422-429.

platine. Il publia en 1921 de nouveaux résultats expérimentaux ([1]). Ces recherches avaient été entreprises, semble-t-il, pour vérifier une opinion de Voigt suivant laquelle, au moins dans l'infrarouge, les effets magnéto-optiques seraient dus en grande partie aux électrons de conductibilité.

Pogány conclut de ses expériences que les métaux non ferromagnétiques, placés au contact d'une couche de fer aimantée, peuvent présenter un effet Faraday spécifique important attribuable à l'action d'un champ très intense dû au fer et que l'auteur assimile au champ moléculaire.

Identifier le champ moléculaire à un champ magnétique et admettre qu'il peut agir à l'extérieur du fer sont deux hypothèses bien audacieuses; elles n'expliquent d'ailleurs pas l'allure des phénomènes et en particulier, la décroissance des effets observés par Pogány lorsque l'épaisseur du fer devient grande ([1]).

II. Ces effets paraissent pouvoir s'expliquer entièrement par les *actions magnéto-optiques superficielles* et les *réflexions multiples* dans les couches métalliques, actions que j'avais signalées dans un Mémoire antérieur et que j'ai développées dans deux Notes récentes ([2]).

Pour le vérifier, j'ai calculé les valeurs théoriques des effets pour le platine dans certains cas particuliers, et j'ai retrouvé les ordres de grandeur expérimentaux avec les signes des effets, ainsi que l'allure générale des variations, avec l'épaisseur des couches métalliques, de la rotation supplémentaire observée par Pogány.

On ne peut espérer une vérification quantitative rigoureuse :

1° Les couches métalliques minces n'ont pas une constitution uniforme, elles sont altérables et leurs propriétés s'en trouvent modifiées (Pogány d'ailleurs signale dans certains cas l'existence d'altérations importantes);

2° Les paramètres optiques des couches de Pogány sont inconnus; pour évaluer (d'ailleurs incorrectement) une correction de réflexion intérieure, il admet les indices trouvés par Meier, dont certains, sinon tous, ont été déterminés sur des couches métalliques impures;

3° Les déterminations expérimentales d'épaisseurs sont difficiles et les méthodes employées par Pogány sont discutables;

4° Les expériences ont été effectuées en lumière jaune et dans un champ de 23 kilogauss environ tandis que mes calculs, utilisant les paramètres magnéto-optiques qui résultent de mes expériences antérieures, sont rela-

---

(1) *Annalen der Physik*, 64, 1921, p. 196-208.
(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1642 et 1807.

tifs à la lumière verte et à un champ de 10 kilogauss seulement; les effets calculés ainsi sont donc *a priori* plus petits que ceux donnés par l'expérience.

III. *Calcul des effets superficiels.* — La méthode est celle que j'ai déjà employée ([1]). J'ai conservé les mêmes valeurs pour les paramètres du fer :

$$n = 2,4, \quad q = 3,3, \quad \Delta n = 0,062, \quad \Delta q = 0,043.$$

Pour le platine j'ai adopté les indices suivants, déduits des mesures de Drude sur le métal massif $N = 1,96$, $Q = 3,98$. Les effets magnéto-optiques du platine sont considérés comme nuls.

On trouve les résultats suivants pour les effets superficiels :

	Rotation.	Ellipticité.
Traversée platine-fer..........	$\tau_2 = 6',30$	$\omega_2 = 13',95$
Traversée fer-platine..........	$\tau'_2 = -4',17$	$\omega'_2 = -16',10$
Effet Kerr platine-fer..........	$\sigma_2 = 2°46'$	$\eta_2 = 19',1$

IV. *Variation de l'effet avec l'épaisseur du fer.* — Sur une lame de verre on dépose une couche de fer d'épaisseur ζ_1, puis, sur une partie seulement, une couche de platine d'épaisseur ζ_2. La rotation magnétique de la couche de fer platinée est plus grande que celle de la couche de fer nue. La différence ρ_1 des rotations mesure l'effet observé (il doit aussi y avoir une différence d'ellipticité ε_1).

Si les réflexions multiples dans les métaux étaient négligeables, l'effet se réduirait à la différence des rotations superficielles aux limites air-fer et platine-fer : $\tau_2 - \tau = 1',83$ (et à une ellipticité $\omega_2 - \omega = -13'$). En fait, les réflexions intérieures ne sont pas négligeables; pour tenir compte de celles qui se produisent dans la couche non platinée, il faut ajouter à la valeur précédente la quantité l_j définie dans une précédente Note; les réflexions dans la couche platinée conduisent à une nouvelle correction dépendant de ζ_1 et ζ_2. Finalement, l'effet résultant est donné par

$$\rho_1 = (\tau_2 - \tau) + l_j - s_j, \qquad \varepsilon_1 = (\omega_2 - \omega) - l_r + s_r.$$

En minutes sexagésimales, pour $\zeta_2 = 20^{m\mu}$ et pour diverses valeurs de ζ_1, on trouve :

ζ_1......	0	10	20	30	40	50	100
ρ_1......	0	5,2	5,3	3,75	1,85	0,50	0,15
ε_1......	0	−12,15	−12,0	−10,6	−10,05	−10,4	−11,8

([1]) *Comptes rendus* (*loc. cit.*).

La rotation ρ_1, nulle évidemment quand il n'y a pas de fer, est positive, passe par un maximum voisin de $5',5$ pour $\zeta_1 = 15^{m\mu}$, puis diminue rapidement; c'est précisément l'allure des résultats obtenus par Pogàny et représentés sur la figure 9 de son second Mémoire; les ordres de grandeurs sont identiques. Pour les raisons indiquées, on ne pouvait espérer une meilleure concordance entre le calcul et l'expérience.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur une solution partielle de la photographie intégrale.* Note [1] de M. **Jacques de Lassus Saint-Geniès**, présentée par M. Armand de Gramont.

Depuis que G. Lippmann en 1907 a imaginé une technique nouvelle de la photographie, qu'il a appelée photographie intégrale, différentes solutions écartant l'une ou l'autre des difficultés pratiques inhérentes à cette technique ont été déjà proposées.

M. Estanave, à différentes reprises, en 1925 et 1930 notamment, a recherché l'obtention simultanée du *relief et du changement d'aspect.* Au moyen soit d'une trame au point, soit de loupes de Stanhope, M. Estanave a pu réaliser l'enregistrement de couples stéréoscopiques multiples d'objets géométriques, par ensembles ou blocs d'une centaine d'images chacun, correctement observables à la condition de réserver respectivement les blocs gauche et droit à chacun des yeux isolément.

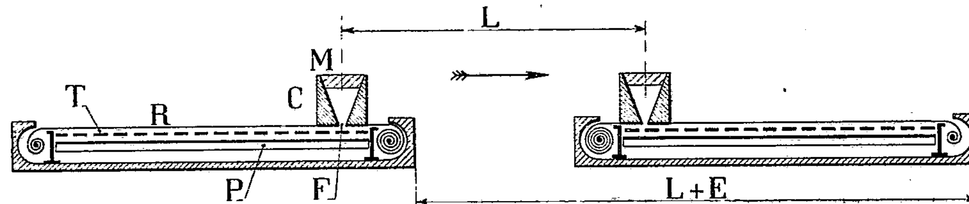
D'autre part, c'est M. G. Bessière qui en 1926, selon une méthode péristéréoscopique, a obtenu pour la première fois de très beaux clichés derrière trame à linéature verticale, observables à distance de vision distincte et procurant simultanément l'impression de relief et celle de changement d'aspect pour les seuls déplacements horizontaux de l'observateur, mais de tous les points de vue compris dans un certain champ. L'optique spéciale comportait soit un seul objectif muni d'un inverseur et mobile sur une base comme définie ci-après, soit une série d'objectifs rigoureusement identiques, munis d'inverseurs, fournissant dix ou douze points de vue distincts très voisins et disposés dans un plan horizontal suivant une base rectilinéaire ou de courbure géométrique déterminée par l'éloignement et l'échelle de reproduction du sujet.

La présente solution, ne visant aussi que les seuls déplacements horizon-

(1) Séance du 30 mai 1932.

taux, comporte comme dispositif optique soit une simple trame au point, soit la combinaison d'une trame au trait à linéature verticale et d'un seul objectif ordinaire. Basée sur la propriété connue de la *transposition* pendant la prise de vue, qui, on le sait, permet l'observation directe et correcte de couples stéréoscopiques simples, cette méthode conduit à l'obtention sur un même cliché, aussi développé dans le sens horizontal qu'on le désire, de couples stéréoscopiques multiples directement observables à distance de vision distincte.

Le schéma permet de comprendre comment on opère. En section par un



plan horizontal on voit un châssis contenant une plaque émulsionnée verticale P, devant laquelle et solidairement avec elle, une trame au point T est placée à petite distance. La face antérieure du châssis est fermée par un rideau R présentant une monture C qui porte une fente verticale profonde F de largeur allant en s'évasant pour définir l'angle du champ. Suivant la verticale le champ est limité par des lames minces horizontales M faisant fonction de grille. Pendant la prise de vues le châssis et le rideau sont mobiles par translation suivant la flèche, dans des conditions telles que la fente, occupant des points de vue successifs de gauche à droite dans l'espace le long d'une base L, découvre des points de la trame allant de droite à gauche sur elle. Si le déplacement total du châssis est $L + E$, on obtient des effets de stéréoscopie exacte si $L = E$ ou des effets d'hyper ou d'hypostéréoscopie si $L >$ ou $<$ que E.

Les mêmes effets sont obtenus en substituant à la trame au point une trame au trait et à la monture C un objectif ordinaire donnant son image dans le plan de la plaque ; dans ce cas la fente F doit être élargie de façon à utiliser le champ total de l'objectif. Ce sont alors les conditions d'observation de l'image aérienne et son échelle dans tout plan de section contenant une orthogonale à la linéature de la trame, qui varient avec le rapport de L à E et avec le signe de ce rapport.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les alliages or-argent comme type de solutions solides continues.* Note de MM. **W. Broniewski** et **K. Wesolowski**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'or natif, contenant de 15 à 20 pour 100 d'argent, était connu déjà dans les temps les plus anciens sous le nom d'électrum. L'or pâle et l'or vert, dont se servent les orfèvres, contiennent 8 et 25 pour 100 d'argent.

Les méthodes employées en métallographie pour l'étude des alliages sont indirectes et procèdent par comparaison des diagrammes de diverses propriétés physiques en fonction de la composition. Ce mode d'étude, universellement employé actuellement, avait été préconisé par M. Henry Le Chatelier (1895) et c'est à ce savant que nous devons aussi l'établissement du rapport important entre les diagrammes de la conductivité électrique des alliages et leur structure.

L'établissement des règles guidant dans l'emploi des méthodes indirectes se fait sur des alliages types, dont la structure est bien connue. Ainsi, pour démontrer les propriétés des solutions solides continues, on avait ordinairement recours aux alliages cuivre-nickel, qui présentent l'inconvénient grave d'un passage à la température ordinaire, de l'état ferromagnétique à l'état paramagnétique, ce qui trouble la continuité des diagrammes.

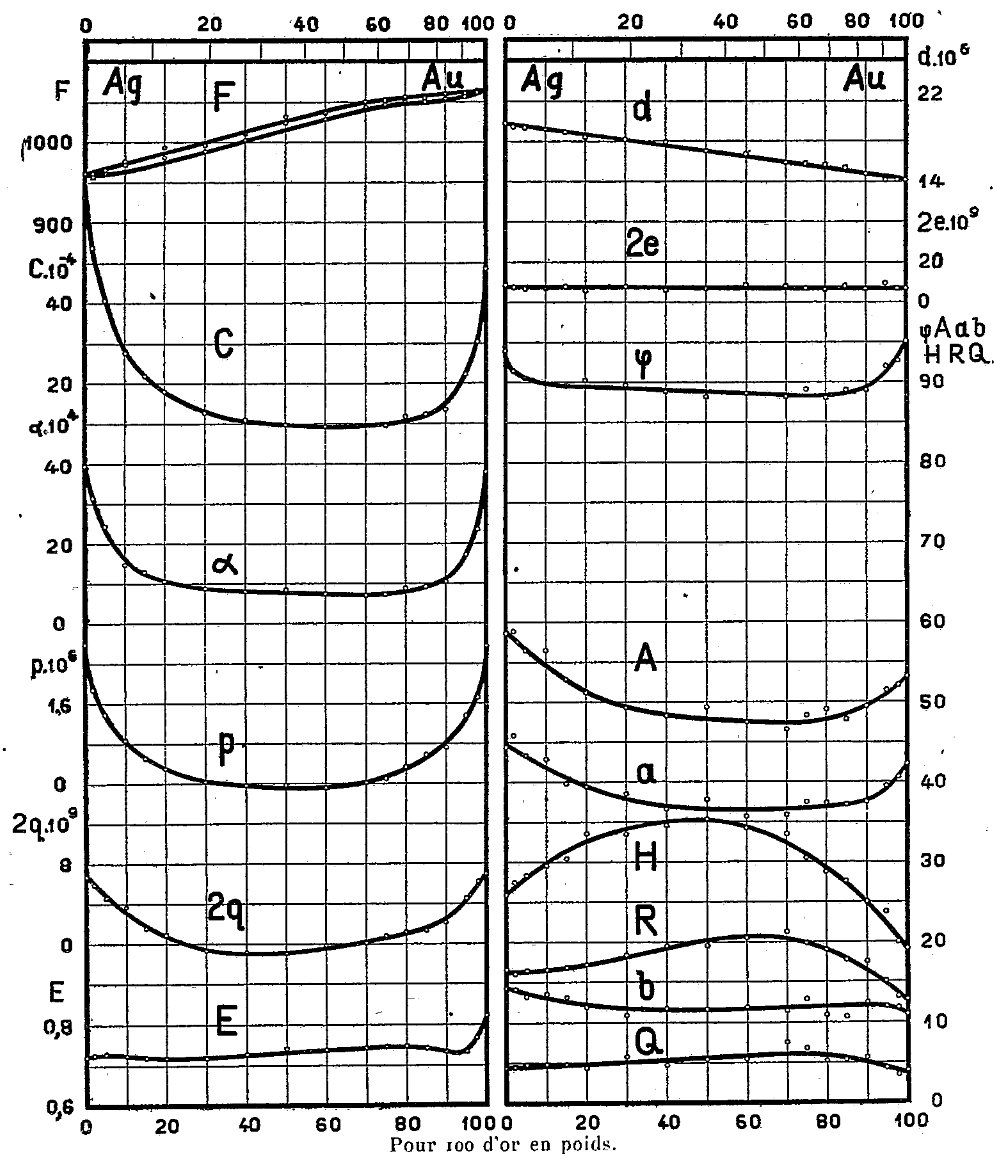
Les alliages or-argent, qui forment des solutions solides continues à toutes les températures et ne manifestent aucune discontinuité dans leurs propriétés physiques peuvent remplacer avantageusement les alliages cuivre-nickel comme type des solutions solides continues.

L'étude des alliages or-argent n'avait été faite jusqu'à présent que pour la conductivité électrique (Matthiessen, 1860; Matthiessen et Vogt, 1864), le pouvoir thermoélectrique (Strouhal et Barus, 1883) et la fusibilité (Austen et Rose, 1903). La majeure partie de ces études, déjà anciennes, était basée sur un nombre restreint d'échantillons.

Dans notre étude 15 paramètres ont été mesurés en fonction de la composition. L'alliage fut fondu dans le vide d'un four à haute fréquence. Pour obtenir une homogénéisation suffisante, les lingots durent être soumis à un recuit de 50 heures à 800°, puis furent réduits en fils de 5^{mm} de diamètre et, enfin, recuits durant 1 heure à 550° pour faire disparaître l'écrouissage. Les mesures étaient faites comme dans nos études précédentes [1] et leurs résultats sont reproduits sur les diagrammes ci-après.

[1] *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 651; **190**, 1930, p. 1412; **194**, 1932, p. 973.

Propriétés des alliages or-argent en fonction de la composition en poids : F, fusibilité; C, conductivité électrique à 0° en ohms/cm²; α, coefficient de température de la



résistance électrique entre 0° et 100°; *p*, pouvoir thermo-électrique à 0° en volts, rapporté au plomb; $2q$, variation de pouvoir thermo-électrique entre -78 et $+100°$; E, valeur maxima de la force électromotrice de dissolution en volts dans une solution 1/10 normale de cyanure de potassium par rapport à une électrode normale au

mercure; d, coefficient de dilatation entre 17° et 444°; φ, striction en pour 100; A, allongement total à la rupture en pour 100 pour l'éprouvette internationale; a, allongement uniforme à la rupture en pour 100; H, dureté Brinell; R, résistance à la traction en kg/mm²; b, allongement dû à la striction $= A - a$; Q, limite élastique.

Les diagrammes des alliages or-argent peuvent être divisés en deux catégories : *a*. les courbes montantes ou descendantes uniformément (sans maximum ou minimum); *b*. les courbes pourvues d'un maximum ou d'un minimum plat.

A la première catégorie appartiennent les diagrammes de la fusibilité (F), de la f. e. m. de dissolution (E), du coefficient de dilatation (d) et de sa variation avec la température ($2e$) et de l'allongement par striction.

Toutes les autres courbes, soit celles de la conductivité électrique (c), du coefficient de température de la résistance électrique (α), du pouvoir thermo-électrique (p) et de sa variation avec la température ($2q$), de la striction (φ), de l'allongement total et uniforme à la rupture (A et a), de la dureté (H), de la résistance à la traction (R) et de la limite élastique (Q) appartiennent à la deuxième catégorie.

Les propriétés manifestées par les courbes de la deuxième catégorie sont donc typiques pour les solutions solides. Par contre les propriétés représentées par les diagrammes de la première catégorie, à l'exception de la courbe de fusibilité, ne permettent pas de différencier les solutions solides des mélanges.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur certains corps modifiant la biréfringence des nitrocelluloses*. Note [1] de MM. **A. Michel-Lévy** et **H. Muraour**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, 194, 1931, p. 372), nous avons montré l'influence de la diphénylamine, de l'aniline et de certains de ses dérivés sur la biréfringence des nitrocelluloses, plongées dans l'alcool. La présence de ces corps modifie les indices de réfraction des nitrocelluloses et leur biréfringence dans un sens constant.

De nouveaux essais poursuivis sur des cotons nitrés à divers taux d'azote, plongés dans l'alcool, dans le xylol ou dans un hydrocarbure à 64-65°, avec ou sans centralite, ont mis en évidence les points suivants :

---

[1] Séance du 30 mai 1932.

1° Un coton nitré CP^2, dont la biréfringence est presque nulle, donnant cependant, avec la teinte sensible de premier ordre, une légère teinte violette suivant l'allongement, donc de signe positif, lorsqu'il était plongé dans l'eau distillée, ou le xylol, ou l'hydrocarbure à 64-65°, a donné au contraire une légère teinte jaune, donc un signe d'allongement négatif, lorsqu'il a été plongé dans l'alcool à 90°. L'alcool possède donc à lui seul une influence déformante sur l'ellipsoide des indices des cotons nitrés, mais dans un sens *négatif* suivant l'allongement. Cette influence est d'ailleurs très faible. Elle n'a pu être mise en évidence que grâce à l'essai sur un coton nitré d'une biréfringence voisine de zéro.

2° La diphénylamine, l'aniline et certains de ses dérivés qui ont, comme on l'a vu, une influence très marquée sur les indices de réfraction des nitrocelluloses plongées dans l'alcool, modifiant fortement leur biréfringence dans le sens *positif* suivant l'allongement, se sont montrés sans aucune action sur les indices des mêmes nitrocelluloses plongées dans le xylol, l'hydrocarbure à 64-65°, accompagnés ou non de centralite.

Il faut donc la double action de l'alcool et de ces corps pour déterminer les fortes modifications de biréfringence des nitrocelluloses, que nous avons préalablement signalées.

3° Dans un essai poursuivi sur un coton CP^1 à 215 NO, plongé dans l'éther, avec de la diphénylamine, au bout de quelques minutes, la biréfringence a subi une modification analogue à celle obtenue avec le mélange alcool plus diphénylamine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude cryoscopique de l'éther et de l'acétone dans les solutions de chlorure de potassium.* Note de M. F. **Bourion** et Mlle O. **Hun**, présentée par M. G. Urbain.

Afin de compléter les recherches faites par l'un de nous en collaboration avec M. Rouyer (¹), nous avons effectué l'étude cryoscopique de l'éther et de l'acétone dans les solutions de chlorure de potassium.

Dans les solutions de chlorure de potassium 0,5M nous avons obtenu :

(¹) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 585; **191**, 1930, p. 1062; **192**, 1931, p. 557 et 1724; **194**, 1932, p. 1240.

Concentration.	Éther. Δc.	Éther. k.	Acétone. Δc.	Acétone. k.
0,125	–	–	0°,254	19,84
0,250	0°,557	21,43	0,514	19,80
0,375	0,847	21,52	0,775	19,85
0,500	1,147	21,61	1,047	19,93
0,625	1,461	21,77	1,310	19,78
0,750	1,778	21,83	1,585	19,78
0,875	2,108	21,91	1,868	19,80
1,000	2,432	21,86	2,160	19,86
1,125	2,771	21,87	2,447	19,83
1,250	–	–	2,741	19,81
	Moy.	21,72	Moy.	19,84

Dans les solutions de chlorure de potassium 1,225 M nous avons observé :

Concentration.	Éther. Δc.	Éther. k.	Acétone. Δc.	Acétone. k.
0,250	0°,742	27,95	0°,585	22,13
0,375	1,116	27,70	0,899	22,49
0,500	1,508	27,75	1,203	22,37
0,625	1,906	27,74	1,514	22,33
0,750	2,307	27,66	1,828	22,28
0,875	2,767	28,06	2,135	22,11
1,000	3,171	27,84	2,458	22,08
1,125	–	–	2,779	21,99
1,250	–	–	3,111	21,97
	Moy.	27,81	Moy.	22,19

L'étude cryoscopique de l'éther et du paraldéhyde dans les solutions d chlorure de potassium 1 M a donné :

Concentration.	Éther. Δc.	Éther. k.	Paraldéhyde. Δc.	Paraldéhyde. k.
0,125	–	–	0°,371	28,30
0,250	0°,698	26,49	0,753	28,28
0,375	1,056	26,10	1,134	27,95
0,500	1,423	26,38	1,534	27,90
0,550	–	–	1,694	27,82
0,625	1,790	26,25	–	–
0,750	2,173	26,24	–	–
0,875	2,563	26,20	–	–
1,000	2,575	26,30	–	–
	Moy.	26,32	Moy.	28,05

Les résultats qui précèdent montrent que :

1° Les solutions de chlorure de potassium 0,5 M et 1,225 M constituent des milieux possédant des constantes cryoscopiques bien déterminées au regard de l'éther et de l'acétone, ainsi que les solutions de chlorure de potassium 1 M vis-à-vis de l'éther. Le paraldéhyde en solution étendue est à peine dépolymérisé dans ces dernières solutions, car sa constante cryoscopique passe de 27,82 à 28,28 quand la concentration décroît de 0,550 à 0,125. Cette dépolymérisation est nettement moins marquée que dans les solutions de chlorure de potassium 1,225 M.

2° Les constantes cryoscopiques observées pour l'éther et l'acétone dans l'eau et les solutions de ClK sont les suivantes :

		ClK.		
	Eau.	0,5 M.	1 M.	1,225 M.
Ether	17,42	21,72	26,32	27,81
Acétone	18,24	19,84		22,19

La constante cryoscopique relative à l'eau, plus élevée pour l'acétone que pour l'éther, est au contraire plus petite pour l'acétone que pour l'éther dans les solutions de chlorure de potassium, ainsi que cela se passe dans les solutions de chlorure de sodium. Ces constantes sont sensiblement les mêmes pour les solutions de chlorure de potassium et de chlorure de sodium à la même concentration, et ne diffèrent que de quantités qui sont de l'ordre des erreurs expérimentales, alors que les constantes cryoscopiques déterminées par voie indirecte dans l'étude des équilibres moléculaires des polyphénols sont toujours plus élevées dans les solutions de chlorure de sodium que dans les solutions de chlorure de potassium à la même concentration, en accord, du reste, avec les compositions respectives des hydrates d'ions obtenues par une méthode basée sur la mesure des nombres de transport des ions.

Quand on multiplie la constante cryoscopique relative à l'éther dans les solutions de ClK 0,5 M par le rapport 18,53/17,42 des constantes cryoscopiques du paraldéhyde et de l'éther dans l'eau, on obtient la valeur 23,10 pratiquement la même que celle 22,97 que donne le paraldéhyde dans ce solvant. Quand on fait la même opération pour les solutions de chlorure de potassium 1 M, on calcule pour la constante de l'éther 28,00 pratiquement identique à la constante moyenne 28,05 observée pour le paraldéhyde dans ces solutions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Remarques sur la structure des films de nitrocellulose de fort taux d'azote*. Note de MM. **Desmaroux** et **Mathieu**, présentée par M. G. Urbain.

Dans notre dernière Note ([1]), nous avons indiqué les précautions à prendre pour obtenir, avec des cotons nitrés au-dessus de 12 pour 100, un film dont les diagrammes soient reproductibles. Nous avons cherché, dans ce cas des cotons à forte nitration (N pour 100 = 13,13) les influences sur la structure du film : 1° de la concentration initiale des solutions acétoniques; 2° d'un passage à l'autoclave des cotons nitrés avant leur dissolution.

Influence de la concentration. — On a opéré sur des solutions de coton nitré non passé à l'autoclave et contenant l'une, $0^g,5$ de coton-poudre et l'autre, $4^g,8$ dans 100^{cm^3} d'acétone; au delà de cette concentration, la viscosité devient telle que le mélange par agitation devient impossible et que l'homogénéité n'est pas assurée. A partir de coton nitré passé à l'autoclave (12 heures à 130°), nous avons fait des solutions contenant $0^g,5$, $4^g,8$, 24^g de coton-poudre dans 100^{cm^3} d'acétone. Les films obtenus par séchage sous cloche à acide sulfurique ([2]) ont été examinés aux rayons de Rœntgen. Dans chacun des deux cas (coton non passé ou coton passé à l'autoclave), le diagramme se rapproche d'autant plus du diagramme d'un corps amorphe que la solution est plus étendue, et au contraire d'autant plus du diagramme du coton nitré cristallin que la solution est plus concentrée. Cette cristallinité du produit examiné se manifeste par le fait que l'anneau de diffraction que nous avons appelé jusqu'ici anneau de grand diamètre se trouve formé de deux cercles plus nettement séparés, et que le halo central a un bord plus net.

Nous avons alors cherché à voir si le fait d'agiter, de centrifuger la solution avait une influence sur la structure des films. Une partie de chaque solution a été centrifugée (20 minutes à 1200 tours environ) après agitation préalable. Pour chaque concentration trois films ont été faits : 1° avec la solution agitée mais non centrifugée; 2° avec la partie supérieure des tubes centrifugés; 3° avec la partie inférieure de ces mêmes tubes.

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 278.

([2]) A ce propos il nous paraît utile de spécifier que nos expériences diffèrent, à ce point de vue notamment, de celles de M. J.-J. Trillat (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1922). Ce dernier auteur utilisait des collodions extrêmement concentrés et les séchait à 70°.

Les films obtenus avec les trois fractions d'une solution se sont montrés de structure identique.

Si nous considérons toutes les observations que nous avons présentées jusqu'ici ([1]) nous voyons que le diagramme du film obtenu après séchage de la solution est capable de nous renseigner sur *l'état de dispersion* de la matière cellulosique en solution. Plus la dispersion des fibres est grande, plus le film obtenu après séchage est diffus; moins cette dispersion est prononcée plus le diagramme du film rappelle celui de la substance cristallisée initiale. Jusqu'ici le seul phénomène qui pouvait nous donner des indications sur la dispersion de la matière en solution était la viscosité. De plus on voit que cette dispersion s'opère par une séparation des fibres élémentaires formées de chaînes de résidus de glucose puisque les changements dans les diagrammes s'interprètent par le fait que ce qui disparaît est la régularité de distribution des plans de forme (hko) (c étant l'axe de fibre).

Deux données qui nous semblent importantes à rapprocher sont : 1° le poids moléculaire de la cellulose qui est de l'ordre de 30000 à 40000 quand on se sert des mesures de pression osmotique; 2° le fait que Haworth ([2]) a montré, par des méthodes chimiques que le nombre de restes de glucose se trouvant dans une chaîne élémentaire de cellulose était de l'ordre de 200, or $(C^6H^{10}O^5)^n$ est de l'ordre de 30000 à 40000 si n est de l'ordre de 200.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un caoutchouc minéral.* Note de M. Paul Renaud.

On connaît plusieurs chloronitrures de phosphore correspondant à la formule $(PNCl^2)^n$ et l'on a isolé des produits bien définis pour lesquels $n = 3, 4, 5, 6, 7$. Chauffés en tubes scellés vers 270°, ils donnent des gommes analogues au caoutchouc (Schenck et Römer) ([3]). Pour étudier cette polymérisation, en considérant comme facteurs principaux la température et la durée de chauffe, nous sommes partis du trimère lavé, bidistillé et longuement desséché, car des traces d'eau modifient beaucoup la polymérisation. Nous avons ainsi obtenu un nombre assez considérable de

([1]) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 234 et 254; **194**, 1932, p. 278.
([2]) Haworth, *Nature*, *London*, **129**, 1932, p. 365.
([3]) Schenck et Römer, *Ber. d. chem. Ges.*, **57**, 1924, p. 1343.

formes à point de fusion variable, dont le poids moléculaire moyen croît avec la durée et la température de chauffe.

Certaines formes gommeuses sont infusibles et insolubles; nous n'avons pu déterminer leur poids moléculaire. C'est sur elles que nous avons particulièrement porté notre attention. Au toucher, elles ont l'aspect du caoutchouc. Certaines sont très souples; étirées, elles produisent une force de rappel assez considérable; à la température ordinaire, elles adhèrent fortement aux parois des tubes de verre; à basse température, elles s'en détachent facilement.

Les unes ont l'aspect d'un liquide transparent mais immobile, contenant des bulles immuables, les autres ont l'aspect d'un amas de cristaux. Si l'on chauffe lentement l'une d'elles, on constate que l'aspect cristallin disparaît pour faire place à un aspect liquide transparent *sans qu'aucune mobilité apparaisse*. La gomme est légèrement plus souple au toucher. L'analyse thermique montre que la chaleur mise en jeu dans cette fusion apparente n'est pas négligeable. Chauffés à une température plus élevée, ces produits se décomposent sans fondre.

Il est probable que ces points de fusion optique décrivent des courbes analogues à celles de fusion vraie, c'est-à-dire à des courbes de mixtes. Nous n'avons pas encore réussi à les déterminer, car beaucoup présentent la surfusion à un fort degré, l'agitation favorable au classement des molécules étant impossible.

M. Mathieu a bien voulu examiner aux rayons X l'aspect de ces gommes. Celles qui sont optiquement liquides donnent un diagramme de liquide. Les produits optiquement solides fournissent un diagramme cristallin avec un fond continu, tandis que les cristaux du trimère donnent un diagramme cristallin.

Refroidies dans l'air liquide, ces gommes prennent l'aspect d'un verre. Leur choc contre un agitateur était mou, il devient sec et audible; à froid, la matière, primitivement souple, devient dure et cassante. Le changement a lieu dans un intervalle de température restreint que l'on peut regarder comme un « point de transformation mécanique », fixé vers -47°, à quelques degrés près pour toutes nos gommes. De plus, à la même température, deux gommes rendent toujours le même son quelle que soit cette température. Il y a donc des propriétés thermomécaniques communes à toutes ces gommes.

La benzine les gonfle sans les dissoudre. Malaxées longuement dans ce liquide, elles laissent un résidu insoluble et la solution obtenue laisse déposer des cristaux par évaporation.

Chauffées brutalement dans le vide vers 500°, elles laissent distiller un produit, tantôt cristallin, tantôt liquide, composé de polymères légers. Les proportions de cristaux obtenus sont les mêmes dans les deux cas. Il reste un résidu noir insoluble. Le point de fusion des cristaux recueillis et le point de transformation optique de la gomme sont situés à la même température, à quelques degrés près. Si l'on chauffe la gomme dans le vide à une température inférieure à 400°, il ne distille rien, bien que la température d'ébullition des cristaux fondus soit inférieure à 400°.

Quand on ajoute à ces gels irréversibles de la benzine, on obtient un gel réversible; par contre l'eau ne les gonfle pas.

Conclusion. — Les hypothèses généralement adoptées sur la structure des gels interprètent ces phénomènes dans le détail.

Le trimère, polymérisé par chauffage, donne naissance à des chaînes de différentes grandeurs qui peuvent se souder entre elles pour former un filet. Celui-ci contient dans ses mailles le trimère non transformé et les autres polymères légers. Suivant que ceux-ci forment un mélange liquide ou solide, la gomme est optiquement liquide ou solide.

A basse température, le filet lui-même prend de la rigidité qu'il communique à la masse entière. Les propriétés thermomécaniques montrent qu'il est le même pour toutes les gommes.

La fusion du produit intercellulaire est peu influencée par la présence du filet, tandis que la vaporisation l'est beaucoup; en effet la première intéresse peu le volume, que la seconde fait beaucoup varier. Il faut alors que la rupture des mailles par pression soit plus rapide que leur formation par polymérisation.

L'influence de la benzine et de l'eau, dont l'une dissout les produits intercellulaires et l'autre pas, met en évidence l'influence de la pression osmotique signalée par M. Duclaux [1].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle synthèse de l'eudaline.* Note de MM. **G. Darzens** et **André Lévy**, présentée par M. A. Béhal.

L'eudaline est une méthylisopropylnaphtaline de formule (I), dont la synthèse présente un intérêt particulier à cause de ses relations avec les sesquiterpènes. Elle a, en effet, été obtenue par M. Ruzicka et ses collaborateurs en soumettant à l'action déshydrogénante du soufre l'eudesmol

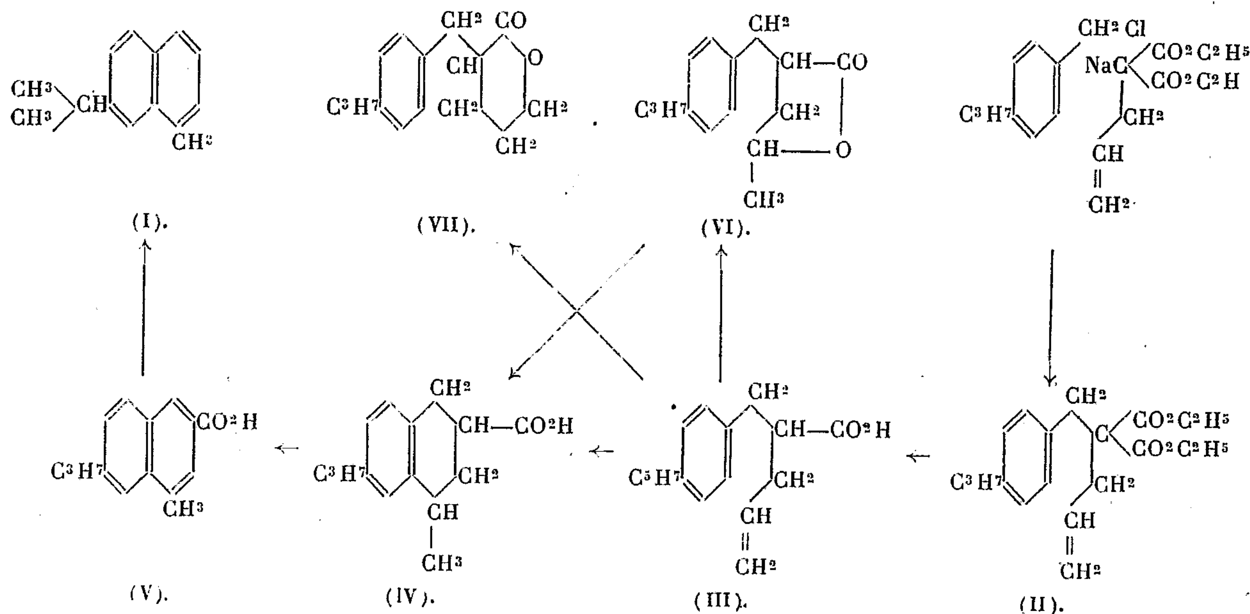
[1] Duclaux, *Bull. Soc. chim.*, 33, 1923, p. 36.

alcool sesquiterpénique de l'huile d'eucalyptus, l'eudesmène qui en dérive par déshydratation, ou le sélinène de l'huile de céleri [1]. Mais cette action du soufre est complexe et le rendement ne dépasse pas 20 pour 100 de la théorie.

Après en avoir établi la formule de constitution, M. L. Ruzicka et M. Stoll en ont effectué une élégante mais laborieuse synthèse qui prend comme point de départ l'aldéhyde cuminique et ne comprend pas moins de onze opérations successives [2].

Dans ces conditions, nous avons pensé qu'il ne serait pas sans intérêt de réaliser une nouvelle synthèse de l'eudaline en utilisant la méthode d'obtention des homologues de la naphtaline donnée par l'un de nous [3].

Notre point de départ est le chlorure de paracumyle qui a été préparé par l'action de l'acide chlorhydrique sur un mélange isopropylbenzène et de trioxyméthylène en présence de chlorure de zinc conformément aux indications de M. G. Blanc [4]. A cette occasion, nous avons vérifié que cette réaction ne donnait que le dérivé para que nous avons caractérisé par son point de fusion de — 29°.



(1) L. Ruzicka, J. Meyer et M. Mingazzini, *Helv. Chim. Acta*, 5, 1922, p. 345.

(2) L. Ruzicka et M. Stoll, *Helv. chim. Acta*, 5, 1922, p. 923.

(3) G. Darzens, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 748.

(4) G. Blanc, *Bull. Soc. chim.*, 33, 1923, p. 317.

Ce chlorure, en réagissant sur l'éther allyllomalonique sodé suivant notre technique habituelle, donne sans difficulté, et avec un rendement de 80 pour 100, l'éther cumylallylmalonique formule (II) distillant à 172-173° sous 2^{mm}.

Par saponification alcaline, cet éther donne l'acide malonique correspondant qui, après cristallisation dans l'acide acétique, fond à 142-143°. Chauffé au-dessus de son point de fusion, il se décompose vers 180-190° en perdant CO^2 et en donnant un mélange d'acide cumylallylacétique de formule (III) et d'une lactone dans le rapport de 80 pour 100 d'acide et de 20 pour 100 de lactone.

L'acide se sépare facilement en traitant le mélange par une solution étendue de carbonate de soude qui dissout l'acide et laisse la lactone, qui est extraite par épuisement de l'éther. Cette lactone est une huile faiblement odorante qui distille à 180° sous 17^{mm}. Quant à l'acide cumylallylacétique récupéré de la solution alcaline, il est liquide.

Traité par 3 fois son poids d'acide sulfurique à 84 pour 100 à froid et pendant 5 jours, l'acide cumylallylacétique se cyclise en acide méthylisopropyltétrahydronaphtoïque de formule (IV) avec un rendement de 80 pour 100, mais il se reforme accessoirement environ 20 pour 100 de lactone. Ces deux corps sont de même séparés par l'action d'une solution de carbonate de soude.

Quant à la lactone obtenue par ces deux réactions, elle s'est montrée être un mélange de deux lactones. Si on la traite, en effet, par l'acide sulfurique à 84 pour 100 en vue de l'isomériser en acide tétrahydronaphtoïque, on obtient bien dans une première opération environ 10 pour 100 d'acide cyclisé, mais la lactone non transformée régénérée n'est plus odorante et a totalement perdu la propriété de se cycliser par un deuxième traitement à l'acide sulfurique.

Nous interprétons ces faits en admettant que la lactone initiale est un mélange d'une γ lactone (formule VI) et d'une δ lactone (formule VII); la première est susceptible de se cycliser en dérivé hydronaphtalénique, la seconde ne le peut pas.

L'acide méthylisopropyltétrahydronaphtoïque, après cristallisation dans l'acide acétique, fond à 102°, traité par le soufre dans le vide à 230-240°, il se déshydrogène et se transforme en acide méthylisopropylnaphtoïque (formule V) qui fond à 198°,5, après cristallisation dans l'acide acétique.

Enfin, par distillation dans le vide d'un mélange du sel de chaux de cet acide avec un excès de chaux hydratée, on obtient avec un rendement

de 50 pour 100 la méthylisopropylnaphtaline ou eudaline pure, distillant à 152° sous 18mm, donnant un picrate fondant à 92°,8 (corrigé) et un styphnate fondant à 119°,8 (corrigé).

Toutes ces réactions sont des plus faciles, elles donnent un rendement élevé et constituent, par suite, une excellente méthode de préparation de l'eudaline.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'hydrure de lithium sur le chlorure de benzoyle*. Note de MM. **A. Hodaghian** et **R. Levaillant**, présentée par M. G. Urbain.

En faisant agir l'hydrure de lithium sur le chlorure de benzoyle, nous pensions réaliser la réaction simple :



(1) $$C^6H^5COCl + LiH = C^6H^5CHO + LiCl,$$

c'est-à-dire former de la benzaldéhyde et du chlorure de lithium.

Les résultats expérimentaux ont révélé une complication plus grande.

1° Afin d'éviter l'oxydation de la benzaldéhyde attendue, nous avons fait nos essais dans l'azote.

Dissous dans l'éther de pétrole, et maintenu vers 100°, au contact de l'hydrure, pendant plusieurs heures, le chlorure de benzoyle ne subit aucun changement. Mais supprimons le solvant, et chauffons progressivement le chlorure d'acide avec l'hydrure; à partir de 130° environ une réaction se déclenche, que manifestent le jaunissement du liquide et surtout l'élévation spontanée de sa température; à moins de ne mettre en œuvre que de très faibles quantités à la fois, il est dangereux de laisser cette température dépasser 190°, la réaction pouvant alors devenir trop violente.

L'emploi d'un solvant rend la réaction moins brutale; utilisant un pétrole passé entre 110 et 130° sous 15mm, nous avons finalement adopté la technique suivante : le chlorure, dilué dans le double de son poids de pétrole, est chauffé avec l'hydrure pendant 3 à 4 heures, sa température étant portée peu à peu de 150 à 210°. On distille ensuite dans le vide. On ne recueille que très peu de benzaldéhyde; le produit principal de la réaction passe entre 173 et 180° sous 14mm; c'est du *benzoate de benzyle*, et le rendement atteint environ 65 pour 100 du rendement théorique prévu par l'équation :



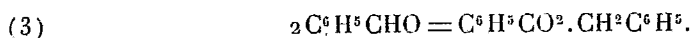
(2) $$2C^6H^5COCl + 2LiH = C^6H^5CO^2.CH^2C^6H^5 + 2LiCl.$$

Après rectification (il bout à 135° dans un vide de l'ordre de 1^{mm}), le benzoate de benzyle obtenu a été caractérisé par ses propriétés physiques; nous les avons trouvées identiques à celles d'un échantillon préparé au moyen de l'alcool benzylique et du chlorure de benzoyle. De plus, saponifié par la soude, il a fourni du benzoate de sodium et de l'alcool benzylique.

L'examen du solide résultant de l'action du chlorure sur l'hydrure a montré qu'il contenait non seulement du chlorure de lithium, mais aussi du benzoate de lithium.

D'autres essais ont été effectués en envoyant lentement (et sans solvant) le chlorure de benzoyle sur l'hydrure de lithium dans un tube chauffé entre 180° et 230°. Il n'est apparu que des traces de benzaldéhyde, et le rendement en benzoate de benzyle n'a pas dépassé 50 pour 100; la formation de benzoate de lithium volumineux obstruant le tube rendait difficile la fin des opérations.

2° La présence du benzoate de benzyle s'explique immédiatement en admettant que la benzaldéhyde d'abord engendrée par la réaction (1) subit ensuite une dimérisation :



(3) $$2\,C^6H^5CHO = C^6H^5CO^2.CH^2C^6H^5.$$

On sait que cette transformation se produit effectivement sous l'influence de l'éthylate d'aluminium (Tischtchenko). Mais l'hydrure de lithium est également capable de la catalyser, comme le montre l'expérience suivante :

100^g de benzaldéhyde, dissous dans 200^g de pétrole, ont été chauffés avec $0^g,5$ d'hydrure de lithium.

Une réaction nettement exothermique a pris naissance vers 130°; pendant 1 heure et demie, on a maintenu la température à 200°. La distillation dans le vide a donné 75^g de benzoate de benzyle. Ce corps, après redistillation, s'est présenté sous forme d'un liquide incolore, cristallisable, ayant pour indice $n_D^{15°} = 1,571$, et pour densité $d_{0°}^{20°} = 1,118$ à $1,119$ (variation de la densité $0,8.10^{-3}$ par degré).

3° D'autres réactions, de moindre importance relative, peuvent encore intervenir dans l'action de l'hydrure de lithium sur le chlorure de benzoyle. Bornons-nous à signaler une décomposition du benzoate de benzyle par l'hydrure, qui explique la présence de benzoate de lithium dans le solide résiduel.

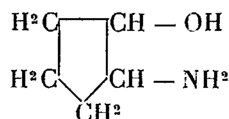
En résumé, l'action de l'hydrure de lithium sur le chlorure de benzoyle engendre surtout du benzoate de benzyle; elle résulte de la succession de plusieurs réactions dont les deux principales sont : 1° une formation primaire de benzaldéhyde; 2° une dimérisation secondaire de cette aldéhyde sous l'influence de l'hydrure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le 2-aminocyclopentanol et son dédoublement en ses antipodes optiques.* Note de MM. **Marcel Godchot** et **Max Mousseron**, présentée par M. Delépine.

Nous avons montré dans une précédente Note (¹) qu'il était possible d'obtenir les 2-aminocyclohexanols actifs ($\alpha_D = \pm 40°,20$) par dédoublement des tartrates d. et l. de la base racémique.

Il nous a paru également intéressant de faire connaître le 2-aminocyclopentanol racémique, puis d'envisager si possible son dédoublement.

I. 2-*Aminocyclopentanol*



Cette base peut exister sous deux formes stéréochimiques, mais, en raison de son mode de formation rappelant celui du 2.aminocyclohexanol, nous pensons pouvoir attribuer au corps obtenu la configuration trans.

Le 2-aminocyclopentanol, aisément préparé avec un assez bon rendement, par action de l'ammoniaque concentrée sur l'époxycyclopentane à 110°, se présente sous la forme d'un liquide incolore, visqueux, fortement basique, possédant les constantes suivantes ($Éb_{13} = 114$-$115°$; $Éb_{760} = 205$-$206°$; $d_{15} = 1,0617$; $n_{15}^{D} = 1,4965$; R. M. trouvée : 27,81 ; R. M. calculée : 28,03; Viscosité absolue : $\eta_{15} = 2,083$).

Quelques dérivés de cette base ont été préparés ; en particulier : son chlorhydrate ($F = 192$-$193°$), son chloroplatinate ($C^5H^{11}ON$, ClH, Cl^4Pt), le sel de mercure ($C^5H^{11}ON$, ClH, Cl^2Hg), l'acétyl 2-aminocyclopentanol ($Éb_{15} = 194$-$195°$), le *p*-toluène sulfo-2-aminocyclopentanol ($F = 142$-$143°$). Traitée par PCl^5 en milieu chloroformique à 0°, elle nous a fourni la 2-chlorocyclopentylamine ($E_{12} = 63$-$64°$), caractérisée par son chlorhydrate ($F = 169$-$170°$).

Tous ces corps analysés nous ont confirmé la constitution de cette nouvelle base.

II. *Dédoublement du 2-aminocyclopentanol racémique.* — Le d. tartrate acide du 2-aminocyclopentanol racémique a été isolé après action de

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 981.

l'acide tartrique d. sur la base en milieu alcoolique absolu; il se présente sous la forme d'une poudre microcristalline fusible à 69-70°, ayant un pouvoir rotatoire : $\alpha_D = + 14°,25$. Ce sel se dédouble par cristallisation dans l'alcool à 80°; en suivant le fractionnement, on obtient en tête, avec un rendement de 30 pour 100, des cristaux prismatiques, peu solubles, réfringents, représentant le d.tartrate 2-aminocyclopentanol droit (F = 77-78°) dont le pouvoir rotatoire reste constant ($\alpha_D = + 29°,55$).

En essayant d'isoler dans les eaux mères le d.tartrate du 2-aminocyclopentanol gauche, on n'y parvient pas, mais par contre on sépare des aiguilles (F = 74-75°) dont le pouvoir rotatoire ($\alpha_D = - 8°,10$) demeure invariable malgré de nombreuses recristallisations dans l'alcool à 80°; on constate du reste que ce tartrate constitue un cas de racémisme partiel.

Si l'on remplace l'acide tartrique droit par l'acide tartrique gauche, on obtient le l.tartrate acide du 2-aminocyclopentanol racémique (F = 69-70°, $\alpha_D = - 14°,55$), également susceptible de se dédoubler dans l'alcool à 80°, en donnant tout d'abord un dépôt de l.tartrate du 2-aminocyclopentanol gauche (F = 77-78°, $\alpha_D = - 29°,50$); puis, comme précédemment, on constate dans la suite des cristallisations l'apparition d'un racémique partiel (F = 74-75°, $\alpha_D = - 7°,95$).

Le tartrate d. de la base d. et le tartrate l. de la base l. ainsi séparés permettent d'obtenir ensuite les deux amino-alcools actifs d. et l.

Le tartrate correspondant est décomposé par une solution concentrée de potasse et la base libérée extraite au chloroforme; la liqueur chloroformique est saturée d'acide chlorhydrique gazeux et sec et le chlorhydrate lavé à l'éther (F = 155-156°, $\alpha_D = \pm 29°,30$); par mélange à parties égales, on régénère le chlorhydrate racémique (F = 192-193°). Les bases actives, isolées de ces chlorhydrates, se présentent sous forme d'un liquide incolore possédant les constantes suivantes : $\alpha_D = \pm 38°,25$, $d_{15} = 1,0410$, $n^D_{15} = 1,4769$. R. M. trouvée, 27,50; R. M. calculée, 28,03; $\eta_{15} = 2,1738$.

Si l'on compare, en outre, le pouvoir rotatoire du 2-aminocyclopentanol actif ($\alpha_D = \pm 38°,25$) à celui du 2-aminocyclohexanol actif ($\alpha_D = \pm 40°,20$) isolé antérieurement par nous, on constate que la variation d'un cycle à l'autre est minime (+ 1,95).

III. *Inversion de Walden.* — Nous avons vérifié qu'il était possible de passer d'un antipode à l'autre grâce à l'inversion de Walden. En effet, le 2-aminocyclopentanol *droit* ($\alpha_D = + 38°,25$), traité sous forme de chlorhydrate ($\alpha_D = + 29°,30$) par PCl^5 en milieu chloroformique à 0°, conduit à la 2-chlorocyclopentylamine active ($Eb_{12} = 61-62°$, $\alpha_D = - 44°,90$) qui,

par action combinée de $NO^3Ag + CO^3Na^2$, fournit le 2. aminocyclopentanol *gauche* après passage par son chlorhydrate ($F = 155$-$156°$, $\alpha_D = -28°,95$). Cette inversion est donc totale et rappelle le fait analogue, récemment indiqué par nous, pour les 2. aminocyclohexanols actifs.

IV. *Dispersion rotatoire.* — Le rapport de dispersion rotatoire a été déterminé pour les chlorhydrates des 2. aminocyclopentanols et cyclohexanols actifs : cycle en C^5,

$$\text{cycle en } C^5, \quad \frac{\alpha_{436}}{\alpha_{546}} = \frac{57°,06}{34°,60} = 1,649; \qquad \text{cycle en } C^6, \quad \frac{\alpha_{436}}{\alpha_{546}} = \frac{61°,15}{37°,10} = 1,648;$$

cette constance du rapport, pour l'un et l'autre cycle, mérite d'être signalée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Application de l'oxydation chromique à quelques diacides.* Note de MM. **Lucien Semichon** et **Michel Flanzy**, présentée par M. Delépine.

Nous avons poursuivi sur les diacides et leurs dérivés les études que nous avons rapportées [1] de l'application de l'oxydation chromique aux monoacides.

Diacides. — Nos essais ont porté sur les acides oxalique, malonique, succinique, glutarique et adipique. Pour chaque acide un poids de $0^g,05$ en 10^g d'eau avec $0^g,525$ de CrO^3 ($= 0,126$ d'oxygène) en présence de 5^{cm^3} d'acide sulfurique $d = 1,710$ a été soumis à l'oxydation à 15° et à 100.

	Pourcentage d'acide oxydé après :								
	1 h.	2 h.	3 h.	5 h.	6 h.	9 h.	15 h.	36 h.	63 h.
$\theta = 15°$:									
Acide oxalique.......	10	–	39,5	–	–	–	80	100	–
» malonique.....	6,7	0	27,7	–	–	–	61,4	79	100
» succinique.....	0	0	0	0	0	oxydation nulle			0
» glutarique.....	0	traces		1,3	oxydation très lente				
» adipique.......	0	0	0	0	0	oxydation nulle			0
$\theta = 100$:									
Acide oxalique.......	100	–	–	–	–	–	–	–	–
» malonique.....	100	–	–	–	–	–	–	–	–
» succinique.....	0	0	0	traces	1,7	3,4	–	–	–
» glutarique.....	11,7	15,8	–	–	29,0	34,2	–	–	–
» adipique.......	22,6	25,1	–	–	43,4	47,9	–	–	–

[1] L. Semichon et M. Flanzy, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1827.

Dans l'oxydation de l'acide malonique, nous n'avons jamais pu obtenir l'acide oxalique comme produit intermédiaire. L'oxydabilité plus grande de cet acide en donne l'explication.

Par contre, dans l'oxydation des acides glutarique et adipique, nous avons pu caractériser une première étape aboutissant, après 6 heures environ, à 100°, à la formation presque quantitative d'acide succinique. Nous avons recueilli celui-ci par sublimation à une température voisine de 200° en cristaux très purs et caractéristiques.

Pendant cette première période, il y a une certaine proportionnalité entre la quantité d'oxygène consommée et le nombre de CH^2 en position β; l'acide adipique, symétrique, peut être considéré comme ayant $2CH^2$ en position β.

Après environ 6 heures, une deuxième étape d'oxydation est nettement caractérisée et correspond à l'oxydation très lente de l'acide succinique formé en CO^2 et H^2O. Ici, les consommations d'oxygène sont à peu près identiques pour les deux acides.

La relation entre le nombre de CH^2 en β et la consommation d'oxygène explique l'anomalie apparente du tableau. Tandis qu'à froid l'acide glutarique seul est oxydé, mais très lentement, l'acide adipique paraît à chaud plus oxydable que ne l'est l'acide glutarique. Mais si nous établissons à 100° le pourcentage d'oxydation jusqu'au stade succinique, nous obtenons les résultats suivants:

Durée	1 heure.	2 heures.	6 heures.	9 heures.
Acide glutarique	39,1	52,6	96,9	114,00
Acide adipique	49,2	54,7	94,4	104,5
Acide succinique	0	0	1,7	3,4

On peut conclure : 1° que les diacides s'oxydent plus lentement que les monoacides, et d'autant plus péniblement qu'ils se rapprochent de l'acide succinique, lequel est inattaqué à 100° dans un temps inférieur à 3 heures; 2° que pour les acides plus riches en carbone que l'acide succinique, l'oxydation, bien que très lente, est favorisée par la présence dans la molécule de radicaux CH^2 en position β, pour aboutir à la formation d'acide succinique dont l'oxydation se poursuit dans les conditions déterminées pour l'acide succinique lui-même; 3° que, abstraction faite des diacides qui lui sont inférieurs comme condensation en carbone, l'acide succinique est le terme auquel on aboutit dans l'oxydation des diacides, comme l'acide acétique l'est pour les monoacides, avec cette différence que CH^3-CO^2H

résiste à toute oxydation, alors que l'acide succinique commence à s'oxyder à 100° après 3 heures de contact. Il est même oxydé dans la proportion de 40 pour 100 au bout d'une heure si l'on emploie les facteurs $\theta = 100°$, $CrO^3 = 0^g,525$ en 5^{cm^3} d'eau, $SO^4H^2 = 5^{cm^3}$, comme ceux qui nous servent au dosage de l'acide propionique.

Dosage de l'acide succinique. — Dans les jus de fruits naturels ou fermentés, les méthodes en usage pour le dosage de l'acide succinique (Mestrezat, *Comptes rendus*, 143, 1906, p. 185; Laborde, *Comptes rendus*, 165, 1917, p. 793; Kunz, *Zeits. f. Untersuchung d. Nahrungs und Genussmittel*, 1903, p. 721) présentent des causes d'erreur importantes. En oxydant directement ces jus naturels par une quantité suffisante du mélange chromique à la température de 100° pendant une heure et à une concentration convenable, chassant ensuite l'acide acétique par un courant de vapeur d'eau, l'acide succinique est le seul acide organique qui reste dans le ballon. On peut aisément l'en extraire et le titrer.

Diacides complexes. — Lorsque s'intercale dans la molécule d'un diacide une ou plusieurs fonctions CH-OH, nos expériences nous ont montré que, comme dans le cas des monoacides mixtes, la destruction de la molécule s'opère par la séparation des radicaux alcooliques qui se dégagent sous forme de formol, lequel est rapidement oxydé. Mais nous n'avons pu caractériser comme produits intermédiaires la présence de diacides non alcooliques. L'acide malique et l'acide tartrique sont oxydés totalement en moins d'une heure en CO^2 et H^2O. Il en est de même des acides dérivés des sucres.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'α-vinylnaphtalène et sur les résines polyvinylnaphtaléniques.* Note de MM. **L. Palfray, S. Sabetay** et Mlle **Denise Sontag**, présentée par M. M. Delépine.

Nous avons montré dans une Note précédente [1] que la déshydratation potassique du groupement éthylol contigu au noyau benzénique s'explique aisément en admettant que, dans le groupement CH^2 compris entre deux restes relativement électronégatifs C^6H^5 — et — CH^2OH, les atomes d'hydrogène deviennent plus mobiles. Ce genre de méthylène actif n'a pas encore été mentionné dans la littérature, bien que de nombreux faits

(1) L. Palfray, S. Sabetay et D. Sontag, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 102.

démontrent son existence. En effet, tous les corps contenant un CH^2 compris entre un groupement — CH^2OH (ou — CHOH —) et un reste électronégatif CO, CHO, COOH, CN, etc. se déshydratent facilement, spécialement en milieu alcalin. Des deux acides lactiques α et β,



$$CH^3CHOH.COOH \quad \text{et} \quad CH^2OH.CH^2.COOH,$$

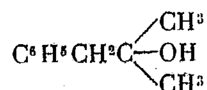
c'est l'acide β, avec un groupe alcoolique primaire, qui se déshydrate plus facilement. Les aldols $HCO.CH^2.CHOH.R$ perdent facilement une molécule H^2O et Grignard et Abelmann (1910) ont donné une méthode de déshydratation de ces aldols par la potasse. L'acide malique se déshydrate également avec facilité en milieu alcalin. Ces considérations peuvent être étendues au groupement — CH^2SH et nous avons déjà démontré la facilité de la désulfhydratation potassique des mercaptans β-phényléthyliques.

Par la potasse caustique, l'alcool β-phényléthylique se déshydrate quantitativement. Pour voir ce qu'il adviendrait si la fonction alcool primaire était remplacée par une fonction alcool secondaire ou tertiaire, nous avons soumis au même agent de déshydratation certains autres alcools β-phényléthyliques subtitués en α. Le méthylbenzylcarbinol



$$C^6H^5 - CH^2 - CHOH - CH^3$$

distillé sur la potasse, se déshydrate péniblement. On obtient à peine 30 pour 100 de propénylbenzène $C^6H^5.CH = CH.CH^3$ (dérivé dibromé F65,5-66°) à côté d'un peu de toluène et d'une grande quantité de carbinol non attaqué. De même, le phénylbenzylcarbinol, $C^6H^5.CH^2CHOH.C^6H^5$, donne partiellement du stilbène. Quant au diméthylbenzylcarbinol



il ne se déshydrate aucunement par distillation potassique, mais se décompose en grande partie en toluène et acétone. On voit donc que, contrairement au cas général, la *tendance à la déshydratation va ici en décroissant quand le groupement* CH^2 *contigu au radical phényle est suivi d'un groupement alcoolique primaire, secondaire ou tertiaire.*

La déshydratation potassique des alcools naphtyléthyliques se fait avec la même facilité que celle de l'alcool β-phényléthylique [1]. Le β-vinyl-

[1] S. SABETAY, *Bull. Soc. chim.*, 45, 1929, p. 69.

naphtalène était inconnu, le dérivé α imparfaitement connu. A l'occasion de la préparation de l'alcool α-naphtyléthylique primaire Grignard (1907) parle vaguement du naphtyléthylène; Brandis([1]) décrit un α-vinylnaphtalène qu'il prépare en traitant par le carbonate de sodium, l'acide α-naphtyl-β-bromopropionique; il ne donne aucune constante sauf le point de fusion du dérivé dibromé. Tiffeneau et Daudel ([2]) observent que, par action de l'alcool éthylique sur le bromure d'α-naphtylmagnésium, on obtient divers produits, parmi lesquels une fraction $Eb_{15} = 135\text{-}138°$ «riche en α-naphtyléthylène ». Enfin, deux brevets de Du Pont de Nemours et Imperial Chemical House parlent de la polymérisation des vinylnaphtalènes en vue d'obtenir des résines synthétiques, sans toutefois donner de détails sur leur préparation.

L'*alcool β-(naphtyl-1-)-éthylique* $C^{10}H^7—CH^2—CH^2OH$ a été préparé d'après Grignard. Le produit de la réaction est décomposé, débarrassé de naphtalène par entraînement à la vapeur, distillé et cristallisé. F. 61°. Pour la préparation de l'α-vinylnaphtalène, on mélange une molécule d'alcool naphtyléthylique avec 1,5 molécule de KOH grossièrement pulvérisé et chauffe sous un vide de 30 à 40^{mm}. Il distille un mélange d'eau et de dérivé vinylique. Par simple décantation et dessiccation, on isole du premier jet l'α-vinylnaphtalène sensiblement pur, $n_D^{20} = 1,6440$, $d_4^{20} = 1,035$. Il est pratiquement exempt de polymères, car il se dissout dans l'alcool où les polymères sont insolubles. Distillé, il passe sous 15^{mm} à 126-128°, et sous 3-4^{mm} à 115-116°, mais des résines en quantité appréciable restent dans le ballon. Les constantes du corps pur sont : $d_4^{20} = 1,034$, $n_D^{20} = 1,6436$, R.M. tr., 53,86, pour $C^{12}H^{10} = 6$, 50,41, d'où $E\Sigma_D = 2,24$.

L'*α-vinylnaphtalène* $C^{12}H^{20}$ est un liquide réfringent à odeur plus faible que le styrolène, avec un relent naphtalénique. Il donne un dérivé dibromé que nous n'avons pu obtenir cristallisé. Le *picrate*, cristallisé dans l'alcool, est jaune brun; il fond à 101-102° (Maq.). Le *styphnate* est jaune canari. L'α-vinylnaphtalène est plus facilement polymérisable que le styrolène. Par chauffage à température élevée, voire même par distillation sous pression réduite, il se polymérise en une résine claire, transparente, cassante, se ramollissant au-dessous de 100°. La *résine polyvinylnaphtalénique* est soluble dans le chloroforme, le benzène, le toluène, peu soluble dans l'alcool et l'acétone. En solution chloroformique, elle ne décolore pas le brome.

([1]) E. BRANDIS, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 22, 1889, p. 2158.

([2]) TIFFENEAU et DAUDEL, *Comptes rendus*, 147, 1908, p. 679.

Elle est probablement constituée d'après le principe d'enchaînement admis par Staudinger pour le polystyrolène. Un brevet récent de l'Imperial Chemical House revendique les polyvinylnaphtalènes pour la fabrication des masses plastiques, vernis, laques, etc.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Application de l'effet antioxygène au problème de la lutte contre l'incendie. Extinction de la braise en présence d'oxygène.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Roger Vieillefosse**, présentée par M. Delépine.

Nous avons annoncé antérieurement [1] que l'air perdait son pouvoir comburant pour la braise quand il contenait, en petites proportions, certaines vapeurs nocives, et, du peu de matière active nécessaire, nous avions conclu à un effet antioxygène.

Mais ce n'était là qu'une démonstration indirecte : la preuve directe eût consisté à montrer qu'effectivement la consommation d'oxygène se trouvait entravée. Il nous a paru utile de chercher à établir ce point, en raison de ses conséquences théoriques et pratiques pour la lutte contre l'incendie.

a. Particularités de l'étude. — Le feu, de par sa nature mouvante, ne s'accommode pas de nos techniques ordinaires, établies pour des observations statiques : il a donc fallu imaginer et mettre au point une méthode spéciale. De plus, on a dû tenir compte de causes d'erreurs propres à ce genre de recherches. C'est ainsi que l'on ne doit pas mettre en œuvre de trop fortes doses d'inhibiteurs, sinon on risque d'avoir l'extinction en cours d'essai : dans ce cas, l'oxygène libre que l'on trouve ne correspond manifestement pas à une action antioxygène. Or on manque de critères certains pour reconnaître exactement le moment où se produit l'extinction.

Il faut donc se tenir écarté des concentrations extinctrices, mais alors l'effet antioxygène, peu intense, perd de sa netteté, par suite des fluctuations de toutes sortes qui accompagnent nécessairement un phénomène aussi brutal que la combustion.

Sans doute, dans les expériences que nous poursuivons par ailleurs sur les flammes, nous sommes arrivés à établir des états de régime assez stables pour permettre certaines comparaisons. Mais, avec la braise, rien de semblable n'est possible : tout change à tout instant et d'une manière imprévisible, la forme des fragments, leurs dimensions, leur entassement, leur

[1] Ch. Dufraisse et R. Horclois, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 564.

température, leur revêtement de cendres, etc. Il en résulte de grandes variations dans la sensibilité à l'action des inhibiteurs.

Malgré tout, sans atteindre la haute valeur démonstrative de nos catalyses négatives habituelles, nos expériences sur l'ignition sont assez suggestives, croyons-nous, pour ne laisser place à aucun doute.

b. Technique. — Dans un fourneau étanche, contenant de la braise allumée, on injectait de l'air chargé de vapeurs par barbotage; la composition du mélange gazeux était déterminée par le débit d'air et la perte de poids du liquide émetteur de vapeurs. Les gaz étaient analysés à la sortie au moyen d'une burette placée en circuit sur une conduite d'aspiration appropriée. Le prélèvement était effectué après un balayage de 1 minute 3/4, comptée à partir du moment où commençait le barbotage : les observations correspondaient donc sensiblement au début de l'action inhibitrice. On établissait ensuite des diagrammes ayant pour abscisses les concentrations en vapeurs nocives et pour ordonnées les concentrations en oxygène libre, anhydride carbonique, et oxyde de carbone.

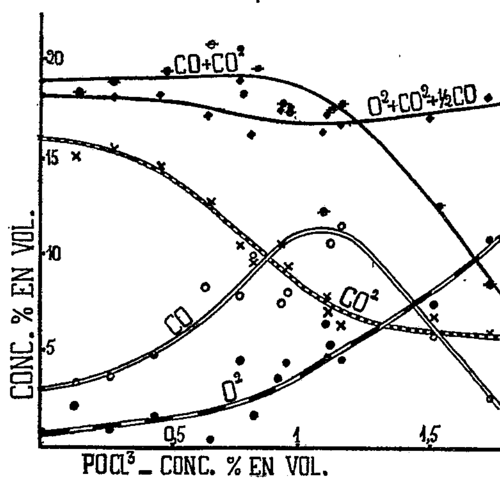


Fig. 1.

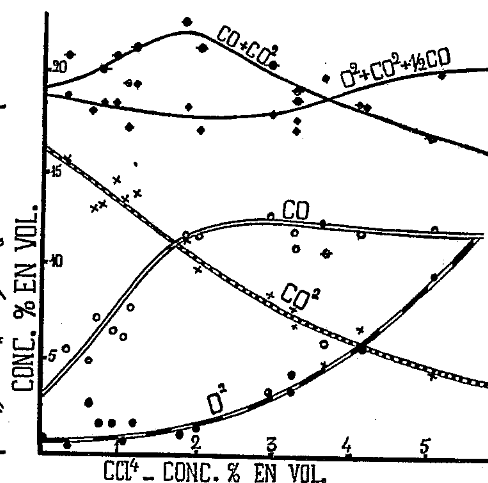


Fig. 2.

Quand on fait, en série, des essais consécutifs, on arrive instinctivement à se replacer dans des conditions assez analogues pour que les valeurs successives se groupent relativement bien. C'est ce que l'on voit sur les diagrammes 1 et 2, donnés à titre d'exemples et correspondant à des expériences avec l'oxychlorure de phosphore et le tétrachlorure de carbone. Mais le moindre changement et aussi des raisons encore inconnues modifient les courbes, sans toutefois altérer leur allure générale. En raison de ces

causes de variations, nous n'avons retenu comme conclusions de nos expériences que ce qui se dégageait nettement par statistique.

c. Résultats. — Voici les principaux faits observés :

1° Dans l'air pur la braise en ignition absorbe avec une grande énergie la presque totalité de l'oxygène; par suite, la présence d'une proportion notable de ce gaz est l'indice d'un effet antioxygène.

2° Accessoirement, nous avons remarqué que, si l'on fait le bilan de l'oxygène libre et combiné (courbe $O^2 + CO^2 + 1/2\,CO$), on constate un déficit presque constant, non imputable aux erreurs de mesures : une partie de l'oxygène reste donc dans le charbon incandescent.

3° Le premier effet d'un inhibiteur, même à faibles doses, est d'augmenter la teneur en oxyde de carbone aux dépens de l'anhydride carbonique : le feu manifeste d'abord son « malaise » par une combustion incomplète. Pour des actions plus énergiques, la quantité d'oxyde de carbone augmente, puis passe par un maximum et tend à décroître.

4° Au fur et à mesure que la dose de vapeurs extinctrices augmente, la teneur en oxygène libre s'accroît, et, corrélativement, la proportion de charbon brûlé diminue (courbe $CO^2 + CO$) ([1]). Le phénomène d'abord lent s'accentue assez brusquement, justement aux environs des concentrations en matière active qui commencent à donner des extinctions rapides.

En résumé, des vapeurs, telles que le tétrachlorure de carbone ou l'oxychlorure de phosphore, exercent réellement sur l'ignition de la braise un effet antioxygène, en entravant l'action de l'oxygène.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Sur la synthèse de l'acide cyanique et de l'urée par oxydation ammoniacale des principes carbonés.* Note de M. **Georges Laude**, présentée par M. R. Fosse.

1. L'acide cyanique est un produit constant de l'oxydation en présence d'ammoniaque : des protides, des glucides, du glycérol, de l'aldéhyde formique [R. Fosse ([2])], d'alcools, de phénols, d'aldéhydes, d'acétones, d'acides, d'amines, d'amides, de nitriles, de la méthylcarbylamine [R. Fosse

([1]) La courbe de $CO^2 + CO$ présente un maximum et s'abaisse moins vite dans le cas de CCl^4, à cause de l'appoint fourni par les vapeurs chlorocarbonées.

([2]) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 320; 169, 1919, p. 91; *Bull. Soc. chim.*, 29, 1920, p. 158.

et G. Laude [1]], d'alcaloïdes, de composés hétérocycliques, de carbures halogénés, de carbures d'hydrogène et du carbone lui-même [G. Laude [2]].

2. La présente Note a pour but de montrer que les rendements en acide cyanique et urée précédemment obtenus sont susceptibles d'être grandement améliorés.

Il est vraisemblable que dans les premières expériences réalisées, une partie notable du corps soumis à l'oxydation échappait à l'action de l'agent oxydant. Les nouveaux résultats ont été obtenus en abaissant dans une large mesure la proportion de matière mise en expérience.

3. Le tableau suivant résume les nouveaux rendements obtenus. Le dosage de la carbimide a été exécuté sous forme d'urée par la méthode de M. R. Fosse [3].

Deux colonnes indiquent les résultats déjà obtenus en employant une proportion plus élevée en matière [4].

Substances.	Proportion des réactifs. Matière.	H^2O.	NH^3.	MnO^4K.	Volume du filtrat.	Urée après oxydation.	Urée et acide cyanique pour 100g ou 100cm³ de matière. Anc. rendements. Urée.	Acide cyanique.	Nouv. rendements. Urée.	Acide cyanique.
Carbures d'hydrogène.										
Éthylène	0,058	0	20	15	50	0	2,74	1,96	8,62	6,17
Acétylène	0,072	0	20	15	50	traces	3,69	2,64	12,63	9,05
Naphtalène + Cu	0,1	0	15	3	35	0	1,82	1,30	3	2,15
Anthracène + Cu	0,2	0	15	3	20	0	1,12	0,80	2,82	2,02
Méthylcyclohexène + Cu	0,1	0	10	2,5	40	0	1,93	1,38	4,57	3,27
Pinène + Cu	0,05	0	5	2	20	0	5,35	3,83	22,86	16,38
Dérivés halogénés.										
Iodure de méthyle + Cu	0,05	0	10	2	40	0	5,21	3,73	29,71	21,29
Chloroforme + Cu	0,05	0	10	0,5	20	0	2,8	2	14,17	10,15
Alcools et Phénols.										
Méthanol + Cu	0,02	0	10	5	30	0	20,78	14,89	47,14	33,78
Ethanol + Cu	0,2	0	10	2	35	0	8,31	5,95	14,28	10,23
Naphtol + Cu	0,05	0	10	2	15	0	6,70	4,85	13,71	9,82
Naphtol + Cu	0,05	0	10	2	15	0	10,57	7,57	15,41	11,04
Aldéhydes.										
Éthanol + Cu	0,3	0	10	5	20	traces	5,96	4,27	17,2	12,32
Propanol + Cu	0,3	0	10	5	20	0	9,78	7	16,4	11,75

(1) *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 684 et 1240; 173, 1921, p. 318.

(2) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1919; *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1135.

(3) *L'Urée*, 1928, p. 107, Presses universitaires, Paris.

(4) Thèse de Doctorat, Paris, 1919; *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1135.

Substances.	Proportion des réactifs. Matière.	H^2O.	NH^3.	MnO^4K.	Volume du filtrat.	Urée après oxydation.	Urée et acide cyanique pour 100g ou 100cm³ de matière. Anc. rendements. Urée.	Acide cyanique.	Nouv. rendements. Urée.	Acide cyanique.
					Acétones.					
Propanone + Cu	0,1	0	10	2,5	30	0	4,5	3,22	36,43	26,10
Acétophénone + Cu	0,1	0	10	3	30	0	15,21	10,90	20	14,33
Cyclohexane + Cu	0,1	0	10	2	20	0	3,1	2,22	25,43	18,22
					Acides.					
Acide malonique + Cu	0,2	0	10	2	20	0	2,85	2,04	8,23	5,89
Acide cinnamique + Cu	0,2	0	10	2	15	0	1,96	1,40	4,85	3,47
					Acides-alcools et acides-phénols.					
Acide glycolique + Cu	0,1	0	10	3	20	traces	4,85	3,47	14,82	10,62
Acide tartrique + Cu	0,05	0	10	2	20	0	11,8	8,45	34,27	24,56
Acide salicylique + Cu	0,02	0	10	3	60	4,5	20,35	14,58	94,28	67,56
Acide *p*-oxybenzoïque + Cu	0,1	0	10	4	30	0	19,9	14,26	47,90	34,32
					Amines.					
Méthylamine + Cu	0,014	0	10	5	35	0	44,51	31,89	61,22	43,87
Diméthylamine + Cu	0,0124	0	10	5	35	0	47,9	34,32	69,12	49,53
Éthylamine + Cu	0,1	0	10	3	20	0	4,66	3,33	16,8	12,04
Aniline + Cu	0,2	0	10	4	20	0	28	20,06	40,28	28,86
p-Phénylène-diamine	0,03	0	10	1	20	traces	27,4	19,63	55,23	39,58
					Amides.					
Oxamide + Cu	0,05	0	10	1	20	0	12,67	9,08	17,14	12,28
Malonamide + Cu	0,01	0	8	1	50	3,82	67,14	48,11	114,3	81,91
Succinamide + Cu	0,05	0	8	1	20	0	1,85	1,32	10,4	7,45
					Nitriles.					
Acétonitrile + Cu	0,2	0	10	1,5	20	0	6,14	4,40	16,22	11,62
Benzylnitrile + Cu	0,1	0	10	3	20	0	41,78	29,94	87,90	62,99
					Composés hétérocycliques.					
Furfurol + Cu	0,1	0	8	2,5	60	traces	7,5	5,87	60,4	43,28
Pyrrol + Cu	0,05	0	10	3	50	»	13,39	9,59	82,12	58,85
Pyridine + Cu	0,2	0	10	12	15	0	1	0,71	2,57	1,84
Pipéridine + Cu	0,05	0	10	2	25	0	6,69	4,79	34,6	24,79
Indigotine + Cu	0,02	0	8	1	50	15,2	13,42	9,61	121,4	87
					Alcaloïdes.					
Chlorhte de quinine + Cu	0,015	0	6	0,7	50	traces	9,85	7,05	29,62	21,22
» de morphine + Cu	0,015	0	6	1,5	50	»	14,28	10,23	41,80	29,95
» de cocaïne + Cu	0,015	0	6	0,6	50	0	8,14	5,83	22,85	16,37

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Recherches goniométriques sur les atmosphériques*. Note de M. **R. Bureau**, présentée par M. Ch. Maurain.

J'ai apporté plusieurs modifications au goniomètre enregistreur décrit en 1931 (1); les unes d'ordre mécanique destinées à rendre l'appareil plus robuste et les enregistrements plus lisibles; les autres d'ordre électrique, la principale étant l'application du procédé du Secteur étroit réalisé tout d'abord par R. A. Watson Watt (2). Ce procédé consiste à paralyser l'action d'un appareil sur antenne et peu sensible par celle d'un appareil sur cadre et très sensible de telle manière qu'un courant ne se manifeste à la sortie de l'appareil sur antenne que lorsqu'une source se trouve dans la direction du minimum du cadre. Je l'ai appliqué aux appareils de Saint-Cyr, qui comportent un relais final (appareils à seuil), de la manière suivante : le relais de l'appareil sur cadre coupe, à chaque atmosphérique reçu, le circuit d'utilisation du relais de l'appareil sur antenne. Ce dernier relais provoque les inscriptions sur le diagramme; on voit qu'elles n'ont lieu, si les seuils des deux relais sont bien choisis, que lorsque la source est dans la direction du minimum du cadre, ou plus exactement dans un angle étroit (secteur étroit) autour de ce minimum. Le grand avantage du procédé est de permettre l'inscription *simultanée* de sources placées dans différents azimuts et de mettre en évidence les heures d'apparition et de disparition de chacune d'elles. Il devient ainsi souvent facile de décomposer les courbes d'enregistrement du nombre des atmosphériques en leurs éléments attribuables aux différentes sources, ce qui facilite singulièrement la comparaison de ces courbes avec les phénomènes météorologiques et donne un nouveau moyen de séparer les variations dues aux sources de celles qui sont dues à la propagation.

Voici les principaux résultats fournis par de nombreux enregistrements assurés en mars, avril et mai 1932 (enregistrement photographique sur un plateau tournant en synchronisme avec le cadre; point lumineux projeté par une lanterne se rapprochant du bord au centre du plateau soit en 24, soit en 12, soit en 6, soit en 1 heure; obturateur commandé par le relais de l'antenne; vitesse de rotation, 12 tours à la minute; onde 27 kc/s; pas de lever de doute).

(1) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 170

(2) *Report of the radio research board for the period ended* 31st *Dec.* 1930, p. 58.

Pendant la nuit, on observe presque toujours deux sources principales situées grossièrement à angle droit l'une de l'autre, l'une à peu près NS, l'autre à peu près EW (avec des écarts pouvant atteindre $\pm 30^\circ$). Les sources NS prédominent en général du coucher du soleil à minuit; les sources EW de minuit au lever du soleil; les deux sources sont souvent simultanées pendant plusieurs heures. De plus un nombre important de sources se déplacent progressivement de la direction NS à la direction EW au cours de la nuit. Ces phénomènes se reproduisent chaque nuit (de printemps) avec une régularité remarquable. Les différences d'une nuit à l'autre proviennent du nombre relatif des atmosphériques de chacune des trois catégories (NS, EW et tournants), qui, lui, peut varier dans de fortes proportions.

Les atmosphériques d'après midi peuvent apparaître dans toutes les directions. Ils se présentent souvent dans plusieurs directions simultanées.

Ces résultats sont en accord avec ceux publiés par F. Schindelhauer (¹) pour le printemps et une onde d'environ 15 kc/s. Les différences concernent seulement les atmosphériques de jour et peuvent très bien s'expliquer par la différence des longueurs d'onde (sur 27 kc/s les atmosphériques de jour proviennent de distances plus faibles que sur 15 kc/s). Mais les conclusions de Schindelhauer et les miennes ne sont pas en accord. Pour expliquer la remarquable régularité de la variation diurne des directions, Schindelhauer estime nécessaire de placer les sources hors de la troposphère; il les localise dans les couches ionisées et les attribue au mouvement en spirale de particules électrisées le long des lignes de force du champ magnétique terrestre. A mon avis, les résultats s'accordent avec une origine météorologique des sources, la régularité de la variation diurne étant en grande partie attribuable, il est vrai, aux couches ionisées, mais par leur action sur la propagation des ondes provenant de sources lointaines. La fixité relative des deux directions nocturnes serait la conséquence de l'action favorable des continents sur le développement des sources, le continent africain étant responsable des sources NS et le continent américain des sources EW. On doit d'ailleurs s'attendre à ce que cette régularité s'atténue en été quand l'ensemble des sources se rapproche. La rotation nocturne d'une partie des sources serait la conséquence de leur variation diurne, l'heure du maximum étant celle du maximum de convection, c'est-à-dire 15 ou 16^h du temps local.

(¹) *Elektrische Nachrichtentechnik*, 9, 1932, p. 41.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'identité du vacuome métachromatique et de la leucosine des Monadinées et Chrysomonadinées.* Note ([1]) de M. PIERRE GAVAUDAN, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Les auteurs ont désigné jusqu'à présent sous le nom de leucosine une substance incolore, de réfringence variable, mais parfois supérieure à celle du cytoplasme, ne noircissant pas par l'acide osmique et localisée en sphères ou ovoïdes plus ou moins volumineux dans le corps de certaines Monadinées, Chrysomonadinées, Cryptomonadinées et Hétérokontées. L'origine et le rôle de cette importante inclusion cellulaire sont demeurés énigmatiques et peu d'éclaircissements ont été apportés depuis les premiers travaux de Klebs ([2]) et les anciennes recherches qui la considèrent comme un hydrate de carbone ([3]).

Dans un précédent travail nous avons étudié la leucosine d'une nouvelle Hétérokontée inférieure, *Chlorochromonas polymorpha* ([4]), et indiqué qu'elle semblait disparaître chez certains individus où elle était remplacée par des vacuoles à cristalloïdes et à granules, colorables par les colorants vitaux. Nous avions alors émis l'hypothèse que la leucosine constituait une substance de réserve dont les vacuoles à cristalloïdes représentaient précisément des stades d'utilisation ou de transformation. Nous avions signalé après M. P.-A. Dangeard ([5]) la présence de nombreux globules réfringents fortement chromophiles, que Chadefaud ([6]) a assimilés récemment à un appareil mucifère, et remarqué que les colorants vitaux faisaient parfois apparaître dans le cytoplasme des précipitations dont nous avions souligné l'origine obscure, en nous demandant si elles représentaient des chromidies ou de la métachromatine expulsée des vacuoles.

L'emploi du bleu de crésyl (non utilisé par nous sur *Chl. polymorpha*)

([1]) Séance du 5 mai 1932.

([2]) G. KLEBS, *Flagellatenstudien*, II, Teil., *Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie*, 55, Heft 2 et 3, 1892, p. 395-396.

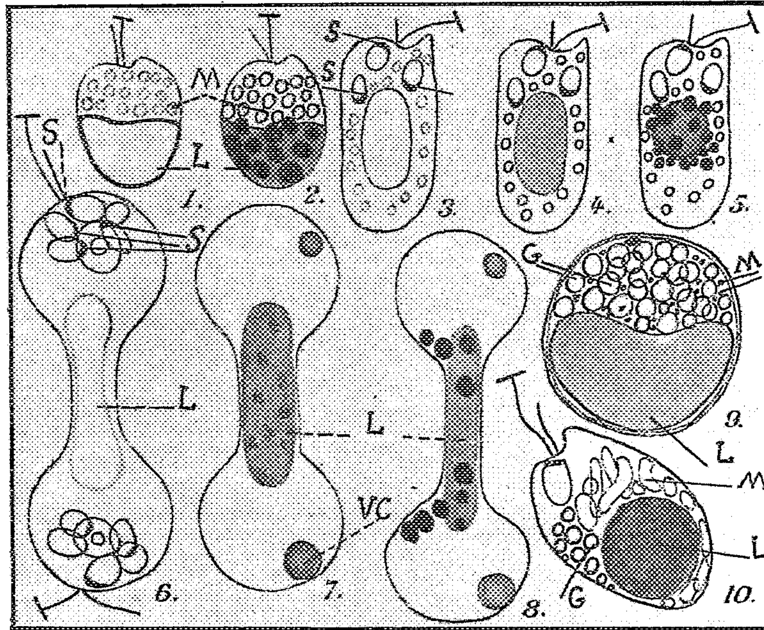
([3]) Voir MOLISCH., *Mikrochemie der Pflanzen*, 2e éd., Iéna, 1921, p. 389-390.

([4]) PIERRE GAVAUDAN, *Quelques remarques sur* Chlorochromonas polymorpha, sp. nov. (*Le Botaniste*, 23e série, f. III-IV, mars 1931, p. 277-300).

([5]) P.-A. DANGEARD, *Notes de vacances sur les organismes inférieurs et la question du vacuome* (*Le Botaniste*, 21e série, f. V-VI, décembre 1929, p. 281-344).

([6]) M. CHADEFAUD, *Sur la cytologie d'un* Monas, *comparée à celle de quelques autres organismes flagellés* (*Ann. de Protist.*, 3, IV, 30 mars 1932, p. 181-191).

dans les recherches que nous avons faites sur un *Ochromonas* sp. apochromatique dont nous étudierons ailleurs la cytologie générale, nous a montré l'exactitude de la distinction faite par Chadefaud entre les « corpuscules mucifères » et ce qu'il nomme vacuome métachromatique dans un *Monas* sp. dont la description correspond d'ailleurs à un *Ochromonas* sp. parfaitement typique. Notre *Ochromonas* sp. a de 10 à 20$^{\mu}$ de grandeur et sa principale caractéristique consiste dans la présence de quatre leucoplastes bien développés, absolument incolores mais le plus souvent tous stigmatifères. La leucosine est plus ou moins facilement discernable en raison de son état très variable de condensation et par conséquent de réfringence, aussi faut-il une grande habitude de l'objet pour la reconnaître dans tous les individus



où nous la considérons comme normalement et constamment présente, bien que Chadefaud ait cru pouvoir en signaler l'absence. Tandis que toutes les inclusions chromophiles préexistantes ou le contenu des vacuoles digestives se colorent en bleu par le bleu de crésyl, la leucosine prend une coloration violacée métachromatique ainsi que la vacuole contractile qui s'arrête souvent en diastole après coloration. Selon l'état de condensation de la vacuole à leucosine, il y précipite des endochromidies typiques de taille variable qui restent *in situ*, ou sont graduellement expulsées dans

le cytoplasme (*fig.* 1, 2, 3, 4, 5). L'examen des individus en division (*fig.* 6, 7, 8), où la leucosine des auteurs occupe une place caractéristique, permet d'assimiler sans réserves cette substance au vacuome métachromatique. La leucosine constitue donc selon nous la partie proprement dite du vacuome, fondamentale et permanente, chez les Monadinées et Chrysomonadinées (comparable au système aleurone-vacuome). L'examen de plusieurs espèces de Monadinées et Chrysomonadinées nous a donné les mêmes résultats. L'étude des phénomènes d'enkystement confirme ces vues et montre que la leucosine, c'est-à-dire le vacuome métachromatique, persiste comme une réserve avec les corps osmioréducteurs (*fig.* 9 : Globules gras, G; Leucosine, L; Appareil mucifère coloré en bleu, M; Vacuole contractile, VC; Stigma et Leucoplaste, S), tandis que l'appareil mucifère semble n'être plus représenté que par de petites granulations bleues, et disparaître.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le brome normal (règne végétal) : Plantes et fruits comestibles.* Note de M. **A. Damiens** et Mlle **S. Blaignan**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Poursuivant les recherches dont les premiers résultats ont fait l'objet d'une Note antérieure ([1]), nous avons déterminé le brome existant normalement dans les tissus de nombreuses plantes ou fruits comestibles. Nous indiquerons les valeurs les plus caractéristiques mises en évidence au cours de ce travail :

Substances examinées.	Nombre d'échantillons.	Humidité pour 100.	Br mg. pour 100g de mat. sèche.	Cl g. pour 100 de mat. sèche.	Rapport $\frac{1000\ Br}{Cl}$.	Rapport $\frac{1000\ at.\ Br}{1\ at.\ Cl}$.
		Plantes et parties de plantes.				
Pomme de terre (*Solanum tuberosum*)............	2	79-80,3	0,27-1,43	0,63-0,319	0,42-4,40	0,18-1,95
Topinambour (*Helianthus tuberosus*)............	-	-	0,62	0,226	2,7	1,2
Céleri rave (*Apium rapaceum*)............	2	88,8	0,38-0,47	0,952-0,968	0,39-0,48	0,17-0,21
Crosne (*Stachys affinis*)...	1	90	0,61	0,037	16	7,1
Navet (*Brassica napus*)....	2	93-86,6	0,31-0,89	0,441-0,508	0,7-1,7	0,31-0,75

([1]) A. Damiens et S. Blaignan, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1460.

Substances examinées.	Nombre d'échantillons.	Humidité pour 100.	Br mg. pour 100g de mat. sèche.	Cl g. pour 100 de mat. sèche.	Rapport $\frac{1000\ Br}{Cl}$.	Rapport $\frac{1000\ at.\ Br}{1\ at.\ Cl}$.
Plantes et parties de plantes (suite).						
Carotte (*Daucus carota*)...	1	89,2	0,39	0,489	0,79	0,35
Betterave (*Beta vulgaris*)..	2	81,2	0,37-0,55	0,160-0,163	2,3-3,3	1,02-1,46
Radis rose (*Raphanus sativus*).................	1	95	0,83	0,63	1,3	0,58
Radis noir (*Raphanus sativus*).................	1	95	0,92	0,66	1,3	0,58
Ail (*Allium sativum*).....	1	17	0,44	0,063	6,9	3,06
Oignon (*Allium Cepa*)....	2	18,1	0,10-0,22	0,059-0,111	1,7-1,9	0,75-0,84
Échalotte (*Allium ascalonicum*)...............	1	18	0,52	0,120	4,3	1,9
Poireau (*Allium Porrum*).	1	80	0,30	0,219	1,3	0,58
Asperge (*Asparagus officinalis*)...	1	80	2,02	0,830	2,4	1,06
Rhubarbe (*Rheum Rhaponticum*)........... ..	1	95	0,75	0,26	2,8	1,24
Chou (*Brassica Oleracea*).	1	-	0,45	0,49	0,9	0,40
Chou-fleur (*Brassica Botrytis*).................	2	74,5	0,67-0,73	0,57-0,57	1,1-1,2	0,49-0,53
Artichaut (*Cynara Scolymus*)................	1	84	0,98	0,380	2,5	1,1
Fruits.						
Abricot (*Armeniaca vulgaris*)................	1	87,9	0,28	0,094	2,9	1,28
Cerise (*Cerasus juliana*)...	2	89	traces d'halogènes			
Fraise (*Fragaria vesca*)...	1	92,2	0,71	0,144	4,9	2,17
Pêche (*Persica vulgaris*)...	2	88	traces-0,47	traces-0,379	1,32	0,53
Coing (*Cydonia vulgaris*)..	1		0	0		
Pomme (*Malus communis*).	1	75	traces d'halogènes			
Poire (*Pirus communis*)...	1	60	-	-		
Amande (*Amygdalus communis*)................	1	15	-	-		
Prune (*Prunus vulgaris*)..	1	31,4	-	-		
Nèfle (*Mespilus germanica*).	1		0	0		
Framboise (*Rubus Idœus*).	1	95	traces d'halogènes			
Groseille (*Ribes rubrum*)..	2	85,5	0,088-0,17	0,012-0,024	7,3-7	3,24-3,1
Cassis (*Ribes nigrum*).....	1	30	0,094	0,013	7,2	3,19
Orange (*Citrus aurantium*).	1	83	0,32	0,076	4,2	1,86
Mandarine (*Citrus deliciosa*).................	1	83	0,53	0,364	1,4	0,62
Raisin (*Vitis vinifera*).....	1	80	0,195	0,207	0,94	0,42
Banane (*Musa paradisiaca*).	1	75,6	0,54	0,233	2,3	1,02
Figue (*Ficus carica*).......	1		0,18	0,066	2,7	1,2

Substances examinées.	Nombre d'échantillons.	Humidité pour 100.	Br mg pour 100g de mat. sèche.	Cl g. pour 100 de mat. sèche.	Rapport 1000 Br / Cl.	Rapport 1000 at. Br / 1 at. Cl.
			Fruits (suite).			
Melon (*Cucumis melo*)....	1	90	9,45	0,765	12,3	5,6
Melon d'eau (*Cucumis citrullus*)...............	1	92,2	26,2	1,04	25,1	11,1
Tomate (*Lycopersicum esculentum*)................	6	93,5	0,95-5,34	0,510-1,3	1,8-4,1	0,79-1,8
			Champignons.			
Cèpe (*Boletus edulis*).....	2	85-90	1,3-1,92	0,170-0,341	7,6-5,6	3,37-2,48
Bolet rude (*Boletus scaber*).	2	–	1,4-3,62	0,128-0,288	10,9-12,5	4,8-5,5
Chanterelle (*Cantarellus cibarius*)..............	1	–	0,19	0,028	6,7	2,97
Hydne sinue (*Hydnum repandum*)...............	1	–	3,26	1,35	2,4	1,06
Clavaire (*Clavaria flava*)..	1	–	0,90	0,151	5,9	2,6
Mousseron (*Tricholoma Georgii*)..............	1	91	0,82	0,109	7,5	3,3
Marasme (*Marasmius oreades*)...............	1	–	0,29			
Champignon de couche (*Pratella campestris*)........	1	85,2	1,54	1,03	1,5	0,66
Levure de bière...........			0,30	0,057	5,2	2,3

De cet ensemble de résultats, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Il se confirme que le brome est un élément normal du règne végétal et qu'on le rencontre en proportions parfois importantes dans certaines plantes comestibles.

2° Pour les plantes et parties de plantes, exception faite des fruits, la proportion de brome, en milligrammes pour 100g de matière sèche, varie entre 0,17 et 2,02, les rapports 1000at Br/1at Cl entre 0,17 et 7,1.

3° Pour les fruits, la proportion de brome en milligrammes pour 100g de matière sèche est, dans beaucoup de cas, extrêmement faible, en particulier dans la famille des rosacées, les fraises faisant cependant exception avec une teneur de 0,71, et les pêches, pour un cas particulier, avec 0,47.

Par contre, le melon est extrêmement riche (entre 9,45 et 26,2), ainsi que la tomate (dans laquelle on a trouvé jusque 5,34 pour le fruit entier).

Les rapports 1000at Br/1at Cl subissent des variations de même sens, dépassant 11 dans le melon, et atteignant, dans certains échantillons de tomates, 1,8.

En ce qui concerne les champignons, il est remarquable que leur teneur en brome soit en général relativement élevée et que, parmi les variétés comestibles, elle puisse atteindre $3^{mg},6$ pour 100^{g} pour un échantillon de bolet. Les rapports brome/chlore sont eux-mêmes assez forts.

CYTOLOGIE. — *Sur le rôle du chondriome dans les manifestations de la sexualisation cytoplasmique.* Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. d'Arsonval.

La sexualisation du chondriome chez les Sporozoaires se manifeste par les caractères suivants : le chondriome du mâle est constitué par des éléments plus nombreux, plus trapus. Il est basophile, plus riche en phosphore. Il peut fixer le fer, l'argent, l'osmium, la fuchsine, plus énergiquement que le chondriome femelle. Il a, d'une façon générale, des affinités colorantes plus nombreuses et plus intenses que celles du chondriome femelle.

Dans nos recherches sur les caractères sexuels physico-chimiques, nous avons été obligé de négliger, momentanément, le rôle du chondriome, parce que ce rôle n'était pas connu. Les résultats que nous avons obtenus depuis ([1]) ont montré l'existence du pouvoir oxydo-réducteur du chondriome.

Des recherches en cours, dont le détail sera publié ultérieurement, confirment, par des méthodes nouvelles, ce pouvoir oxydo-réducteur. Le rôle du chondriome dans les oxydo-réductions intracellulaires apparaît aujourd'hui bien établi. Ce rôle n'est point négligeable. Il convient donc de préciser les conséquences qu'entraîne cette constatation, au point de vue de nos conclusions antérieures.

En reprenant nos expériences de colorations vitales sur les Grégarines, nous avons constaté que le chondriome intervient, par son pouvoir oxydo-réducteur, dans le mécanisme de ces colorations. Les différences sexuelles de coloration que nous obtenons expriment bien des différences dans les pouvoirs d'oxydation du cytoplasme mâle et du cytoplasme femelle, mais l'intervention du chondriome dans l'équilibre qui s'établit, entre la forme oxydée et la forme réduite du colorant, nous montre que cet état d'équi-

---

([1]) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1587; **186**, 1928, p. 471 et 595; *C. R. Soc. Biol.*, **97**, 1927, p. 327; **98**, 1928, p. 501 et 567.

libre n'est pas comparable, comme nous l'avions supposé tout d'abord, aux mécanismes d'oxydo-réductions des solutions tels que ceux qui se réalisent dans les mesures quantitatives de rH. Les phénomènes qui se passent dans la cellule sont plus complexes que ceux des solutions et nous serons plus près de la vérité en remplaçant, dans l'énoncé de la première loi de sexualisation ([1]), le terme : potentiel d'oxydo-réduction (rH) par celui, plus vague, de pouvoir d'oxydation. Le sens général de l'énoncé reste le même et aucune autre modification n'est à apporter à l'ouvrage *La physico-chimie de la sexualité*.

Le pouvoir oxydo-réducteur du chondriome est en relation avec l'existence du glutathion. Giroud ([2]) qui a confirmé et généralisé nos résultats, au point de vue de la présence du glutathion sur le chondriome, a, en outre, démontré l'existence d'une certaine quantité de glutathion dans le hyaloplasme. Les réactions que nous avons utilisées, dans nos recherches sur les rapports entre le glutathion et le rH, n'entraînant pas la mise en liberté de tout le glutathion fixé sur le chondriome, mettent surtout en évidence la partie de glutathion contenue dans le hyaloplasme. Le glutathion réduit, qui apparaît, dans ces conditions expérimentales, est plus abondant pour la cellule femelle, il est un des facteurs de son pouvoir réducteur plus élevé.

Si nous avions pu faire la comparaison entre le glutathion total fixé sur le chondriome mâle et celui qui est fixé sur le chondriome femelle, nous aurions, peut-être, obtenu un résultat différent, étant donné que le chondriome mâle est plus abondant que le chondriome femelle. Des déterminations quantitatives précises, par des procédés qui, loin de ménager l'intégrité de l'architecture cellulaire, provoqueront, au contraire, la mise en liberté de tous les groupements sulfhydriles, permettront de connaître la différence de teneur globale en glutathion qui est en relation avec le sexe.

Les différences que présentent le chondriome mâle et le chondriome femelle dans leur comportement vis-à-vis d'agents chimiques divers sont les manifestations des différences physico-chimiques sexuelles qui existent entre les chondriomes. Certaines de ces réactions chimiques différentielles semblent montrer que les pouvoirs d'oxydo-réduction des éléments du chondriome ne sont pas exactement les mêmes, suivant le sexe considéré.

Conclusions. — Dans l'interprétation des résultats obtenus par les

(1) Ph. Joyet-Lavergne, *Rev. gén. Sc. p. et appl.*, 37, 1926, p. 547.
(2) A. Giroud, *Protoplasma*, 7, 1929, p. 72.

recherches sur les caractères physico-chimiques de la sexualité et dans l'orientation de ces recherches, il y a lieu de tenir compte du pouvoir oxydo-réducteur du chondriome. Étant données les différences sexuelles morphologiques et chimiques entre les chondriomes, ce pouvoir n'est pas le même suivant le sexe considéré.

MÉCANIQUE ANIMALE. — *Sur le vol par battement au point fixe.* Note de MM. **A. Magnan** et **A. Sainte-Laguë**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous avons cherché à évaluer la puissance nécessaire à un être volant pour se maintenir en air calme au point fixe, à une altitude constante et au moyen de battements d'ailes, ce que réalisent fréquemment quelques oiseaux et de nombreux insectes.

Nous avons constaté que cette puissance était liée au nombre n de battements par seconde et d'autant plus faible que ce nombre n était plus grand.

Décomposons schématiquement le temps $1/n$ du battement en deux : une période passive, dont nous admettrons pour simplifier que la durée soit $1/2n$, pendant laquelle l'animal tombe d'une quantité $g/8n^2$, et une période active de même durée, pendant laquelle, par un coup d'ailes, le volateur de poids p regagne la hauteur perdue en fournissant le travail $pg/8n^2$. Comme il fournit ce travail n fois par seconde, on voit que la puissance nécessaire est $pg/8n$, inversement proportionnelle à n.

La puissance unitaire, quotient de la puissance totale par le poids de l'animal, est donnée par $g/8n$; elle indique que le vol est ainsi plus facile pour les petits animaux que pour les grands, n étant, comme nous l'avons constaté, plus considérable chez les premiers.

En réalité, le battement se fait en déplaçant une surface alaire $2S$ avec une certaine vitesse angulaire moyenne ω, l'amplitude du déplacement étant 2θ. Si l'on utilise, faute de mieux en l'état de nos connaissances actuelles en aérodynamique, la formule KSV^2 donnant la résistance d'un plan mince, on peut déduire de ces données le calcul du travail effectué par les deux ailes dans la période active du battement. Ce calcul ne comporte que des difficultés d'ordre mathématique; il montre d'ailleurs l'importance considérable qu'a l'amplitude de l'angle de battement. Chez les insectes cet angle est souvent de 45 à 50° seulement et c'est dans cette hypothèse qu'ont été faits les calculs ci-après.

En admettant que la loi de variation de ω en fonction du temps t est

sinusoïdale et que le centre de poussée est à une distance de l'axe d'articulation de l'aile obtenue en multipliant sa longueur L par un coefficient que nous avons pris égal à 0,58, on trouve que ce travail est en kilogrammètres $1,7 K n^2 S L^3$. Les hypothèses numériques adoptées, qui donnent l'ordre de grandeur des résultats, proviennent des valeurs moyennes utilisant les très nombreuses données morphologiques et cinématographiques que nous possédons.

On remarquera que, dans la formule donnant le travail effectué en un temps $1/2n$, n entre au carré et L au cube. Il y a là des éléments dont la variation permet d'expliquer la plupart des différences que comportent certains modes de battement. En égalant ce travail moteur à celui qui provenait de la perte d'altitude due à l'action de la pesanteur, on obtient $p = 0,09 S L^3 n^4$, formule reliant le poids p, la surface d'une aile S, sa longueur L et le nombre n de battements. Ce dernier intervient à la quatrième puissance, car le travail nécessaire est, comme on l'a vu, inversement proportionnel à n^2 et chaque abaissée de l'aile donne un travail moteur proportionnel au carré de la vitesse, donc à n^2.

Nous donnons dans le tableau ci-dessous pour divers oiseaux ou insectes, en prenant comme unités le gramme et le centimètre, les valeurs de p, S, L, compte tenu des hypothèses, et les valeurs du nombre n de battements fournis par la formule précédente qui devient ici : $n = 98 \sqrt[4]{p/SL^3}$.

	p.	S.	L.	n.
Phalène (*Venilia maculata*).........	0,021	1,72	1,60	23
Mouche bleue (*Calliphora vomitaria*).	0,090	0,25	1	76
Bourdon (*Bombus apricus*).........	0,230	0,36	1,25	74
Mouche noire (*Sarcophaga*).........	0,045	0,123	0,75	98
Guêpe (*Vespa germanica*)..........	0,190	0,43	1,5	59
Papillon (*Rhodocera rhamni*).......	0,107	4,1	2,7	19
Oiseau-mouche (*Epherusa eximia*)...	2,55	6	4,5	27
Crécerelle (*Tinnunculus tinnunculus*).	172	353	34,5	5

Les nombres réels de battements observés sont respectivement 25, 110, 100, 135, 80, 20, 30 et 6.

Ils sont pour la plupart supérieurs d'environ 30 pour 100 à ceux que nous avons calculés ; cela tient à diverses raisons, en particulier à la complexité du mouvement de l'aile, et au fait que la remontée ne se fait pas à résistance nulle, d'où une perte de travail qu'il faut compenser par une augmentation du nombre des battements.

Si cette loi pouvait s'appliquer au vol mécanique, un homme porté par un

appareil à ailes battantes, le poids total étant 100kg, pour se sustenter devrait faire effectuer aux ailes 13 à 20 battements par seconde, les surfaces alaires nécessaires étant inférieures pour des formes usuelles au mètre carré.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'efficacité excitatrice des décharges de condensateur au-dessous de la rhéobase.* Note [1] de M. **Philippe Fabre**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous avons comparé [2] les durées des ondes exponentielles et des ondes cunéiformes qui, à partir de la même intensité initiale, réalisent l'excitation liminaire.

L'onde cunéiforme OAD coupe l'onde exponentielle correspondante OAE en un point M. On peut affirmer que cette dernière est efficace dans toute la région AM. En effet, si elle cessait d'être efficace plus haut, en N par exemple, le seuil d'excitation serait dû au seul arc AN.

Dès lors, l'onde cunéiforme OAN, qui débite entre A et N des intensités supérieures aux précédentes, serait *a fortiori* efficace.

Or elle ne l'est pas, puisque située au-dessous de l'onde cunéiforme OAD qui est juste capable de donner le seuil sous cette forme.

Ainsi, l'étude des points d'intersection M des ondes liminaires des deux espèces nous permet, sans qu'il soit besoin de mettre en œuvre un appareil interrupteur du cours des ondes exponentielles, d'atteindre une limite supérieure de l'efficacité de celles-ci.

L'emplacement du point M peut dans chaque cas être calculé au moyen de nos données expérimentales précédentes : rapports des durées T/t.

Voici les valeurs de la cote de M (Mm), celle du sommet A étant pour chaque onde représentée par le nombre 40 :

C.....	567	1068	1260	1480	2000	2367	3068	4000	7000
Mm...	10	12	13	14	15,5	17,5	20	22,5	30

Comme on connaît dans chaque cas les valeurs de l'intensité initiale OA en fonction de la rhéobase on passe facilement aux valeurs de Mm rapportées chaque fois à la rhéobase (prise ici égale à 40) :

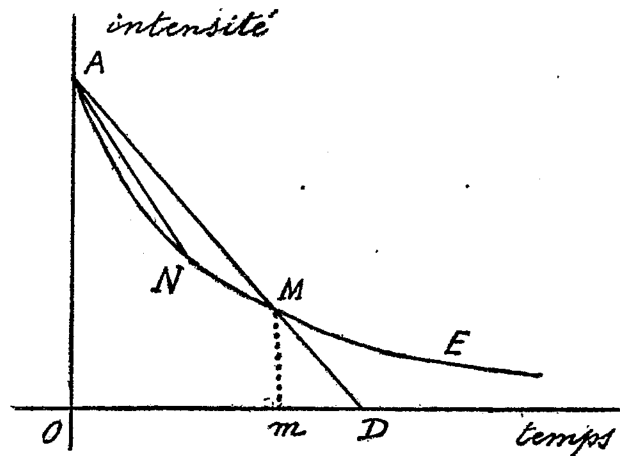
C.....	567	1068	1260	1480	2000	2367	3068	4000	7000
Mm...	36,8	29	28,6	28	27,2	28,7	29,8	30	36

(1) Séance du 30 mai 1932.

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1760.

On voit que les cotes Mm, limites supérieures d'efficacité, sont exprimées par des chiffres nettement inférieurs à la rhéobase 40. Le minimum de cote a lieu au voisinage de la chronaxie qui correspondrait à un condensateur de 1520 μμf.

Ces valeurs déjà particulièrement basses par rapport à la rhéobase sont certainement très au-dessus des limites exactes de l'efficacité. On peut admettre pour calculer celles-ci que l'onde exponentielle doit débiter, après son intersection M avec l'onde cunéiforme et au-dessus de MD, une quantité d'électricité égale à ce que cette dernière a débité en plus avant l'intersection.



On trouve alors des limites d'efficacité très basses. En particulier, selon ce principe, des ondes très brèves sont tout entières efficaces. Nous avons vu, en effet, que le rapport T/t de la durée T des ondes cunéiformes à la constante de temps t des ondes exponentielles correspondantes tend vers deux quand t tend vers zéro. De telles ondes ont même surface totale et la compensation des quantités exige l'intervention de toute l'onde.

Nous montrerons que l'efficacité des ondes au-dessous de la rhéobase, vérifiée sans le secours d'hypothèse par le seul examen des cotes Mn, est incompatible avec les formules usuelles d'excitabilité.

Ces formules comportent un élément différentiel d'excitation de la forme $dE = f(E, i)\,dt$, exprimé au moyen de données actuelles : intensité de courant i, grandeur de l'excitation actuelle E. La charge ionique q, retenue dans le tissu par capacité de polarisation, doit intervenir à la place de i, charge appréciable non par la seule valeur actuelle i du courant, mais par toutes les valeurs précédentes de cette intensité.

Le phénomène de charge du tissu dans le temps jouerait donc encore un rôle pour des durées non extrêmement brèves, de l'ordre de la chronaxie, et même de plusieurs chronaxies.

IMMUNOLOGIE. — *Action vaccinante réciproque des venins d'Abeille et de Vipère aspic.* Note [1] de Mme **Phisalix**, présentée par M. Bouvier.

C. Phisalix a mis en évidence le pouvoir vaccinant que possède le venin de Frelon (*Vespa crabro* Lin.), vis-à-vis du venin de la Vipère aspic (*Vipera aspis* Lin.).

Ce pouvoir appartiendrait-il au venin d'autres Hyménoptères notamment à celui de l'Abeille domestique (*Apis mellifica* Lin.) ?

La vérification en vaut la peine, tant en raison de son intérêt théorique que de ses conséquences d'ordre pratique pour ceux qui sont exposés soit aux multiples piqûres des Abeilles, soit aux morsures de Vipère.

1. Vaccination contre le venin de vipère au moyen du venin d'abeilles :

Technique. — Les animaux sensibles, cobayes et souris, ont reçu le venin d'Abeille soit par piqûre directe, soit par inoculation de venin frais dissous, ou d'une macération de l'appareil venimeux tout entier dans l'eau salée physiologique, soit enfin la solution de venin rendue atoxique par un chauffage approprié. Dans tous les cas, les effets du venin se sont montrés les mêmes, à l'intensité près, ainsi qu'à la durée de la survie. C'est toujours la piqûre qui se montre la plus active, car l'appareil venimeux, qui a sa musculation autonome, est généralement retenu par les barbelures de l'aiguillon dans les tissus piqués, et par son jeu rythmique, toute la réserve de la vésicule à venin est inoculée.

Vaccination du Cobaye : Expérience 1. — Un Cobaye, adulte pesant 560g, reçoit sous la peau préalablement rasée, les piqûres successives de 8 Abeilles à intervalles de 10 à 15 minutes; les Abeilles laissent leur aiguillon dans la peau.

Les symptômes dus à chaque piqûre se réduisent à une douleur passagère immédiate et à un œdème local modéré un peu plus tardif. Il se fait, dans les jours suivants, autour de chaque piqûre, un cercle de nécrose d'environ 5mm de diamètre.

Au troisième jour après les piqûres, le cobaye est éprouvé par inoculation sous-cutanée d'une dose de venin de Vipère, soit 0mg,40, qui tue les témoins en 6 à 8 heures : il résiste et se montre ainsi vacciné contre le venin de Vipère.

---

[1] Séance du 23 mai 1932.

Expérience 2. — Un second Cobaye, pesant 510^g, reçoit aux mêmes intervalles, les piqûres de 10 Abeilles (dose qui marque la résistance limite de l'espèce). Il se comporte comme le premier Cobaye. Huit jours après, il reçoit encore sous la peau 2^{cm^3} d'une solution de venin frais d'Abeille, correspondant à $1^{mg},50$ de venin sec, et dissous dans l'eau salée et glycérinée à 5 pour 100. Huit jours après, il résiste, comme le premier, à l'épreuve par inoculation de la dose mortelle de venin de Vipère.

Vaccination de la Souris. — Le symptôme dominant de l'intoxication par le venin d'Abeille est la convulsion précoce, qui suit immédiatement la période de douleur.

Expérience 3. — Une Souris mâle adulte pesant 38^g reçoit, à intervalles de 24 heures, les piqûres de 4, 3, 3 et 2 Abeilles, soit en tout 12 piqûres. C'est là une limite supérieure, car généralement 3 à 5 piqûres suffisent à tuer la Souris. Après chaque série de piqûres, la Souris présente, outre la douleur, des phénomènes de convulsions toniques et cloniques, qui se traduisent, en dehors des secousses, par une attitude particulière : arc-boutée sur les 4 pattes raides et rapprochées, son museau touche le sol, et sa queue vibrante est relevée verticalement. Puis survient chaque fois une période de résolution partielle et de stupeur, avant le retour à la normale. 48 heures après la dernière piqûre, la Souris résiste à l'inoculation sous-cutanée de la dose de $0^{mg},10$ de venin de Vipère qui tue le témoin en 6 heures.

Expérience 4. — Deux Souris mâles reçoivent l'une $0^{cm^3},50$, l'autre 1^{cm^3} d'une macération des appareils venimeux frais de 10 Abeilles; doses qui correspondent respectivement à $0^{mg},60$, et 1^{mg} de venin sec : elles résistent, comme la précédente, non seulement à la dose mortelle de venin d'Abeille, mais encore à la dose mortelle de venin de Vipère.

Remarque. — On obtient encore le même résultat en employant les solutions de venin frais d'Abeille, rendues atoxiques par le chauffage à 150° pendant 15 minutes, ou deux fois à 60° pendant 20 minutes.

2. Vaccination contre le venin d'Abeille au moyen du venin de Vipère. — Le venin de Vipère en solution, à 1 pour 1000, ou à 1 pour 10000 dans l'eau salée physiologique, perd sa toxicité globale quand on le chauffe en pipette close à la température de 75° pendant 15 minutes, mais conserve son action antivenimeuse (C. Phisalix et G. Bertrand) et antirabique (M. Phisalix).

Les expériences suivantes montrent que, dans ces conditions, il possède aussi un pouvoir vaccinant contre le venin d'Abeille.

Vaccination de la Souris : Expérience 5. — Quatre Souris adultes reçoivent

chacune sous la peau 1^{cm^3} d'une solution à 1 pour 10000 d'une solution de venin de vipère.

48 heures après, la première Souris est éprouvée par les piqûres consécutives de 5 Abeilles, la deuxième par celles de 3 Abeilles (nombre de piqûres qui, avec le lot d'Abeilles employées, ont tué les témoins en 15 heures et en 3 jours); elles résistent.

La troisième Souris reçoit $0^{cm^3},75$ d'une macération de 15 aiguillons, la souris n° 4 reçoit pareillement 1^{cm^3} de la même macération correspondant à 25 aiguillons, du même lot d'Abeilles, doses qui font périr les témoins en 21 et 22 heures; toutes deux résistent; les 4 souris sont ainsi vaccinées contre le venin d'Abeille.

De l'ensemble de ces expériences, nous pouvons tirer les conclusions suivantes:

1° *Aussi bien que le venin de Frelon, le venin d'Abeille, inoculé frais ou chauffé, vaccine les animaux (Cobaye et Souris) à la fois contre sa propre action et contre celle du venin de Vipère.*

Inversement :

2° *Le venin de Vipère, inoculé en solution fraîche ou chauffée vaccine les animaux à la fois contre sa propre action et contre celle du venin d'Abeille.*

Ces faits ne sauraient laisser indifférents ceux qui, par profession, par goût ou par sport, se trouvent fréquemment exposés aux piqûres d'Abeille ou aux morsures de Vipère, notamment les apiculteurs, les travailleurs des champs et des bois, les chasseurs et les chasseurs de Serpents.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Immunisation des cobayes contre la morve.* Note de MM. **R. Legroux**, **Kemal-Djemil** et Mme **Colette Jéramec**, présentée par M. E. Roux.

Jusqu'à présent on n'est pas parvenu à immuniser les cobayes contre la morve.

Les essais entrepris jadis par Maurice Nicolle ([1]) ont montré que les bacilles tués par l'alcool-éther sont pathogènes puisque leur introduction dans l'organisme entraîne la mort des animaux. Nous nous sommes rendu compte que la macération aqueuse de bacilles morts exerce sur les cobayes un effet toxique : une culture de 24 heures à 37° sur gélose nutritive est

([1]) *Annales de l'Institut Pasteur*, 20, 1906, p. 625.

émulsionnée dans l'eau physiologique de façon à obtenir une épaisse suspension de plusieurs dizaines de milliards de corps microbiens par centimètre cube. Cette macération est chauffée au bain-marie à 80° pendant 1 heure, toutes les bactéries sont tuées; le liquide centrifugé puis filtré est injecté dans le péritoine de cobayes mâles aux doses de 1^{cm^3} et, après 6 jours, de 2^{cm^3}; 48 heures après les cobayes meurent présentant une congestion abdominale surtout prononcée sur *musculus testis*.

Dans une Note précédente nous avons montré comment on pouvait obtenir un principe lytique transmissible pour le bacille morveux ([1]), nous avons alors recherché si le filtrat de cette lyse microbienne était pathogène pour les animaux. Des cobayes mâles de 450 à 500^g reçoivent dans le péritoine 1^{cm^3} de ce lysat, ils maigrissent rapidement; 6 jours plus tard on leur injecte de même façon 2^{cm^3}, ils meurent après 48 heures ayant perdu environ 150^g de leur poids.

Ce liquide, capable de lyser le bacille morveux dans les cultures et de faire périr les cobayes, perd à la fois son pouvoir lytique ([2]) et son pouvoir toxique s'il est mis à l'étuve après avoir été additionné de $0^{cm^3},2$ de formol pour 1000.

Une première série d'animaux reçoit dans le péritoine 1^{cm^3}, puis après six jours 2^{cm^3} de ce liquide *ana-bactériolytique;* les cobayes montrent un amaigrissement passager du deuxième au cinquième jour, puis reprennent leur poids normal et restent en bonne santé. Avec une autre série de cobayes nous avons recherché quelles doses les animaux pouvaient supporter sans dommage, nous avons observé qu'il était possible d'injecter en deux fois jusqu'à 10^{cm^3} de ce liquide formolé dans le péritoine de cobayes de poids moyen de 375^g; cette dose, qui est loin de la dose mortelle, est déjà considérable par rapport au poids de l'animal.

Six jours après la deuxième injection, tous les cobayes ainsi traités ont été inoculés dans le péritoine avec une dose de culture de bacilles morveux capable d'entraîner la mort des témoins en dix à onze jours. Aucun des animaux préparés n'a succombé; ils sont encore vivants, quelques-uns depuis cinq mois.

L'un de nous (Kemal-Djémil), dans un but d'immuno-transfusion humaine, s'est injecté sous la peau $0^{cm^3},5$ de liquide formolé, puis 15 jours après 2^{cm^3}. A la suite de ces injections qui, ont entraîné chaque fois une

---

([1]) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1117.
([2]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 319.

réaction locale et générale de 4 à 5 jours, son sérum a présenté des propriétés agglutinantes pour le bacille de la morve : 15 jours après la première injection une dilution au 1/500e de sérum, et 15 jours après la seconde une dilution au 1/5000e, agglutinaient le bacille ; il va sans dire que ce sérum n'exerçait auparavant aucune action sur les cultures de morve.

L'immunisation des cobayes contre la morve est donc certaine, dans les conditions que nous venons de préciser. Des expériences en cours nous montreront si l'immunisation réussit sur d'autres espèces animales contre la morve, ainsi que dans d'autres états pathologiques, au moyen des liquides ana-bactériolytiques.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Phénomènes paradoxaux de la propriété immunisante du virus aphteux* (¹). Note de M. **J. Lignières**, transmise par M. E. Leclainche.

Tous les auteurs ont soutenu que le plus sûr moyen de donner l'immunité contre un virus aphteux était de produire un aphte par inoculation de ce virus. Cela est toujours vrai quand il y a généralisation à la suite de cette inoculation, et souvent aussi quand la lésion aphteuse reste unique ou localisée.

Cependant, je vais indiquer deux circonstances dans lesquelles une lésion locale, même très forte, ne produit aucune immunité contre le même virus. On savait déjà que l'injection préalable à des cobayes de substances variées, comme du sérum d'une autre espèce animale, du lait, etc., peut les sensibiliser au virus aphteux. Nous allons voir que cette sensibilisation s'observe parfois aussi lorsqu'on inocule simultanément sous la peau d'un cobaye un peu de sérum antiaphteux actif, $0^{cm^3},5$ par exemple, et du virus aphteux dans le derme de la face plantaire. Dans ces conditions, si le sérum employé est assez actif, il n'empêche pas l'évolution d'une forte lésion aphteuse à la patte ; mais il évite la généralisation : c'est une bonne méthode indiquée par Waldmann pour mesurer l'activité des sérums antiaphteux.

Après complète guérison des lésions plantaires, on devrait logiquement constater toujours chez ces cobayes une forte immunité lorsqu'on leur inocule de nouveau, à l'autre face plantaire restée saine, soit un virus d'un

(¹) J. Lignières, *La détermination des types de virus aphteux* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1691) ; *Sur la variabilité de la qualité pathogène et immunisante du virus aphteux* (*Ibid.*, p. 1863).

type identique, soit le même virus que la première fois. Cependant, un certain nombre de ces cobayes non seulement ne montrent pas d'immunité, mais paraissent avoir été sensibilisés et ils font une très forte généralisation.

Voilà donc l'exemple d'un aphte local qui n'est pas producteur d'immunité. J'ai obtenu ces résultats avec plusieurs virus, de provenances diverses, et avec des sérums antiaphteux de l'île de Riems ou recueillis par mes soins sur des bovidés hyperimmunisés. Chose curieuse, jusqu'ici il m'a été impossible d'obtenir à volonté ces sensibilisations avec du sérum antiaphteux associé au virus.

En effet, dans toutes ces expériences il y a toujours des sujets qui ne manifestent pas de réaction après la deuxième inoculation; parfois même, des groupes entiers restent indifférents à l'inoculation d'épreuve du même virus.

J'aborde maintenant un autre fait encore plus paradoxal, si possible, et je crois, entièrement nouveau.

Lorsqu'on fait avec du virus aphteux de fortes dilutions au 1/100000e ou plus dans de l'eau glycérinée, et qu'on inocule ces dilutions dans le derme plantaire de gros cobayes, un certain nombre de ceux-ci montrent une lésion aphteuse typique qui reste unique, *sans généralisation*. Après complète guérison de cette lésion plantaire, si l'on inocule le même animal avec le même virus, il n'a acquis aucune immunité, il fait aussi vite que les témoins une magnifique généralisation.

Plus encore, si on prélève du virus aphteux dans la lésion locale provoquée directement par le virus très dilué, et qu'on inocule ce virus à la face plantaire de plusieurs cobayes neufs, ils font tous une assez forte lésion aphteuse, toujours locale, *qui ne se généralise pas et qui ne donne pas non plus d'immunité*, puisque un mois après environ, si l'on inocule ces sujets dans le derme plantaire avec le même virus non dilué, ils font une généralisation normale. Voici quelques exemples, entre plusieurs :

Le 27 janvier 1932 quatre cobayes sont inoculés dans le derme plantaire avec une dilution au 1/100000e de virus type A (mélange de trois virus recueillis dans le courant de 1931). Un seul ne présente rien; les trois autres font des lésions locales très nettes, parfois du volume d'une grosse lentille, mais sans généralisation. Le 6 février 1932 ils sont complètement guéris; ils reçoivent alors à la face plantaire de l'autre patte une inoculation du même virus type A non fortement dilué. Tous font une grave infection aphteuse généralisée dès le deuxième jour, comme les témoins.

A la même date, une expérience avec du virus Anglais type O me donne des résultats identiques.

Le 9 février 1932 les cobayes nos 23 et 24 série E sont inoculés à la face plantaire avec une dilution au 1/100 000e de virus A; seul, le no 23 fait une lésion locale le 12 février. Ce même jour, je prélève un peu de sérosité à ce cobaye no 23 et je l'inocule après l'avoir mélangée à quatre gouttes d'eau glycérinée, *ce qui est une très faible dilution*, aux cobayes nos 28 et 29. Ceux-ci font de fortes lésions locales avec ampoule, *mais sans généralisation*.

Le 27 février, ces deux cobayes sont guéris; ils reçoivent alors à la face plantaire le même virus type *A* primitif sans dilution forte. Le 29 février, le cobaye no 29 montre des lésions généralisées, et le no 28 le 1er mars.

En conséquence, le virus aphteux très dilué retiré des lésions qu'il produit parfois, semble avoir changé brusquement ses qualités virulentes et immunisantes, ce qui est tout à fait inattendu.

J'ai obtenu les mêmes résultats avec tous les virus différents dont je disposais, de sorte qu'on doit les accepter comme exacts.

Conclusions. — *Contrairement à ce qui avait été admis jusqu'ici, une lésion aphteuse locale peut ne laisser après elle aucune immunité. Si j'ajoute que, dans la méthode de vaccination que je vais faire connaître, l'immunité est obtenue sans production d'aphtes, on est en droit de dire que, dans la fièvre aphteuse, les aphtes ne produisent pas toujours l'immunité et que celle-ci peut être obtenue sans la production d'aphtes.*

La séance est levée à 15h55m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 30 mai 1932.)

Note de M. *G.-A. Beauvais*, Sur un radiomètre sensible aux ondes de Hertz :

Page 1905, intercaler entre la 6e et la 7e ligne les 23 lignes formant les deux alinéas qui terminent la Note, depuis « Cette bande d'aluminium... » (p. 1905) jusqu'à la fin.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 JUIN 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. le Professeur **HANS VON EULER-CHELPIN**, lauréat du prix Nobel, directeur de l'Institut biochimique de Stockholm, qui assiste à la séance.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** annonce à l'Académie que le tome 192 (1931, premier semestre) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

SPECTROSCOPIE. — *Relations simples du spectre moléculaire avec la structure de la molécule*. Note de M. **H. DESLANDRES**.

La Note actuelle prolonge deux Notes précédentes du 26 décembre 1931 et du 21 mars 1932, qui sont consacrées aux spectres infrarouges des molécules H_2, C_2, N_2, O_2, Cl_2, ClH, BrH et qui sont la suite de quatre autres Notes présentées le 29 décembre 1930, les 2 mars, 8 et 22 juin 1931 (¹). Toutes ces Notes, qui ont le même titre, exposent les vérifications et applications de la formule simple suivante :

(3) $$\nu = q'd_1/r's',$$

(¹) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1404; 192, 1931, p. 521, 1417 et 1606; 194, 1932, p. 1033.

ν étant en cm^{-1} la fréquence d'une raie ou bande de la molécule, d_1 étant une constante universelle égale à 1062,5, s' étant le nombre d'électrons des anneaux excités dans l'un des atomes, q' et r' étant des nombres entiers.

Les vérifications de la formule sont déjà nombreuses; et, la supposant générale, j'ai recherché pour chaque fréquence tous les nombres n pour lesquels un multiple de d_1/n reproduit cette fréquence; ce qui donne les combinaisons d'atomes et d'électrons, et aussi les ionisations intramoléculaires qui, d'après la formule, sont susceptibles d'émettre dans la molécule la fréquence considérée. Mais, comme la lettre n est employée souvent pour désigner d'autres nombres, je dirai dorénavant que la recherche est étendue aux nombres $r' \times s'$ (r' pouvant être égal à 1) qui, introduits dans la formule, reproduisent la fréquence.

I. A la fin de la dernière Note, j'ai examiné le spectre Raman de H_2, très simple, qui comprend une raie forte de vibration ($\nu = 47 d_1/12 + 0,6$) et des raies plus faibles, attribuées à la rotation, qui sont des multiples de $d_1/9$. Le spectre a été attribué à la molécule H_4 qui serait formée sous l'influence de la raie excitatrice qui est forte et ultraviolette; et H_4 serait divisée soit en H_3 et H_1, soit en H_3^- et H_1^+, par le simple déplacement d'un électron qui oscille entre les deux parties; d'où les valeurs 3×3 et 3×4 de $r' s'$.

Cependant les nombres 3 et 4 trouvés pour le facteur s' de la formule (3) de H_2 sont justement ceux qui conviennent pour le lithium Li (nombre atomique 3) et le lithium ionisé Li^-. A ma connaissance, le spectre Raman de Li_2 et le spectre d'absorption infrarouge n'ont pas encore été observés; mais on peut à la rigueur distinguer les raies de vibration et rotation dans les spectres lumineux et ultraviolets de Li_2, plus complexes, qui les offrent mélangés à des raies d'origine électronique, le spectre général étant représenté, comme on sait, par des polynomes à trois ou deux variables. Les raies de vibration et rotation sont liées aux coefficients des termes du premier degré dans ces polynomes. Récemment, Loomis a donné pour les têtes de bandes de Li_2 dans la région lumineuse la formule suivante :

$$\nu = 20398 + 267,3 v' - 3,1 v'^2 - 347,4 v'' + 2,5 v'',$$

v' et v'' étant les nombres quantiques de vibration. Or $267,3 = d_1/3 + 1,7$ et $347,4 = d_1/4 - 6,8$. Les facteurs 3 et 4 se retrouvent avec Li_2; ce qui assure une vérification de la formule (3) et aussi de l'interprétation présentée pour le spectre Raman de H_2.

Le spectre Raman de l'hydrogène serait dû, comme celui de l'acide fluorhydrique, non à la molécule elle-même, mais à son dimère, $(H_2)_2$ ou H_4

pour l'une, à $(FH)_2$ pour l'autre. D'ailleurs le spectre Raman de l'hydrogène peut avoir aussi des raies émises par H_2 seul, et qui, ayant une fréquence trop grande, auraient échappé à l'observation.

Le spectre Raman du carbone cristallisé (diamant) est intéressant; il offre une raie fine très forte, rattachée déjà à $d/4$, dont la fréquence $\nu = 5d_1/4 + 3,9$. Cette fréquence peut aussi s'écrire $\nu = 15\, d_1/6 \times 2 + 3.9$. Or 4 et 6 sont les nombres d'électrons du premier anneau et des deux anneaux de l'atome C; et ces électrons sont supposés activés par le noyau d'un autre atome voisin du carbone. Comme on l'a vu déjà pour la molécule O_2, l'étude des nombres $r's'$ conduit à d'autres combinaisons d'électrons et d'atomes qui peuvent émettre aussi la même radiation.

Le rayonnement excitateur du spectre Raman est ultraviolet et peut ioniser non seulement la molécule; mais les atomes qui la composent. Dans la molécule, un électron passe simplement d'un groupe d'atomes à un autre groupe, et le nombre s' est changé. Les principaux nombres $r's'$ sont, outre 4 et ses multiples, les nombres 35 ou 5×7, 39 ou 13×3, 44 ou 11×4, 51 ou 17×3. Or 5 et 7 sont les nombres d'électrons de C^+ et de C^- qui, réunis, forment aussi une molécule C_2; 11 et 13 se rapportent à C_2^+ et C_2^- et 17 à C_3^+; d'où les molécules C_3, C_4 et C_5 divisées chacune en deux parties qui sont ionisées avec des signes contraires.

L'azote N_2 et le chlore Cl_2 ont une raie Raman unique et conduisent à des conclusions semblables. J'examinerai en détail seulement la molécule Cl_2 dont les atomes ont un nombre d'électrons plus grand et se prêtent à des combinaisons plus variées.

Les nombres d'électrons de l'atome Cl sont, à partir de l'extérieur : 7 (1er anneau), 15 (2 anneaux) et 17 (les 3 anneaux). Si l'atome est ionisé, ces nombres deviennent pour Cl^-, 8, 16 et 18, et pour Cl^+, 6, 14 et 16. Plusieurs de ces nombres, 8 et 16, 7 et 14, sont dans le rapport très simple de 1 à 2, et donnent avec la formule (3) les mêmes fréquences.

La raie unique de $Cl_2\, \nu\, 556$ a été déjà rattachée au nombre 7, sa fréquence étant égale à $11\, d_1/7 \times 3 + 0,5$. Les nombres $r's'$ principaux sont : 19, 21 ou 7×3, 23 et leurs multiples, puis 40 ou 5×8, 44 et 48 ou 6×8. Le tableau VII ci-après montre l'accord des multiples de $d_1/r's'$ avec cette fréquence unique et leur rattachement à l'atome Cl ou à ses polymères, ionisés ou non. On voit que la fréquence peut être émise dans 4 états différents de la molécule Cl_2, par Cl — Cl 1er anneau, par Cl^+ — Cl^- 1er anneau, par Cl^+ — Cl^- 2 anneaux, par Cl^+ 3 anneaux — Cl^- 2 anneaux. D'autres combinaisons donnent Cl_4 et Cl_6.

En fait, dans toutes ces molécules, la radiation émise est celle qui est commune aux divers états possibles de la molécule soumise en plus à des activations différentes, et il apparaît que, à l'intérieur de la molécule, les éléments qui la composent ne sont pas absolument fixes et se groupent différemment avec un nombre variable d'électrons, sans que la molécule elle-même soit détruite.

II. De nombreux composés hydrogénés, qui comprennent plusieurs atomes, ont tendance à se diviser en deux parties qui sont d'un côté l'atome ou la molécule d'hydrogène et de l'autre un radical connu ou une molécule plus simple, les deux parties étant souvent ionisées en sens contraire. La seconde partie, ionisée ou non, est décelée par ses radiations spéciales avec l'aide de la formule (3).

A l'appui, on peut citer la molécule H_4, examinée plus haut, qui a été divisée en H_3 et H. On sait que le groupement H_3, isolé par le spectrographe de masse, est pour plusieurs auteurs l'hydrogène actif.

Je citerai aussi les trois molécules importantes CH_4, NH_3 et OH_2, qui ont le nombre atomique 10 du gaz rare le néon, et sont divisibles en $CH_3 - H$, $NH_2 - H$ et $OH - H$. Les radicaux NH_2 et OH sont décelés par les fréquences qui sont des multiples de $d_1/9$ (voir les Notes précédentes sur les spectres infrarouges de NH_3 et OH_2). Quant au radical CH_3, il se montre aussi dans les fréquences de CH_4. Ces fréquences ont été présentées d'abord comme étant des multiples de $d_1/6$ et donc rattachées au carbone; mais, comme 6 et 9 sont dans un rapport très simple, ces mêmes fréquences peuvent être considérées comme étant aussi des multiples de $d_1/9$.

La molécule C_6H_6 offre un exemple intéressant; plusieurs fréquences de cette molécule sont des multiples de $d_1/41$ et aussi de $d_1/42$. Or le nombre atomique du radical C_6H_5 est 41; et, avec $C_6H_5^-$, le nombre des électrons est 42. Sous l'influence du rayonnement ou des chocs, les atomes de C_6H_6 peuvent se grouper en $C_6H_5 - H$ ou $C_6H_5^- - H^+$.

J'examinerai en détail le spectre Raman de l'eau oxygénée O_2H_2, qui offre une raie très forte ν 875. Les nombres $r's'$, qui, portés dans la formule (3), reproduisent cette fréquence, sont 17, 23, 28, 39, 40 et 45 et leurs multiples (voir le tableau VII ci-contre). Or, 17 est le nombre atomique de O_2^-, et les autres nombres peuvent être rattachés aux atomes O^- et O. La molécule s'annonce donc comme formée par l'union de O_2^- et de H_2^+. On sait que l'eau oxygénée s'obtient en chauffant un mélange d'oxygène et d'hydrogène, et que les chimistes ne sont pas d'accord sur la constitution

de cette molécule assez instable. Le spectre infrarouge et la formule (3) apportent à la question une contribution intéressante.

Les remarques précédentes, appuyées sur la formule (3) extrapolée, sont présentées avec réserve ; d'autre part l'accord avec plusieurs faits chimiques nets donne confiance. En ce qui concerne l'ionisation intramoléculaire, admise par Urbain, une partie seulement des molécules C_2 et Cl_2, qui peut être la majorité, aurait ses deux atomes ionisés ; mais, dans les deux cas, la radiation émise est la même.

TABLEAU VII. — *Fréquences infrarouges de molécules simples* (1).

Molécule et mode d'excitation.	Fréquence de la raie en cm^{-1}.	Multiple de $d_1/r's'$ et résidus.	Nombre s' et anneaux d'électrons. Molécules formées.
Cl_2 gaz, Raman.........	556	$= 11 d_1/\ 7\times3 + 0,5$	7—Cl, 1er anneau de Cl_2
	»	$= 25 d_1/\ 6\times8 + 1,6$	6—Cl^+, 1er anneau de Cl_2
	»	$= 25 d_1/\ 6\times8 + 1,6$	8—Cl^-, 1er anneau de Cl_2
	»	$= 22 d_1/14\times3 + 0,5$	14—Cl^+, 2 anneaux de Cl_2
	»	$= 25 d_1/16\times3 + 1,6$	16—Cl^-, 2 anneaux de Cl_2
	»	$= 25 d_1/16\times3 + 1,6$	16—Cl^+, 3 anneaux de Cl_2
	»	$= 23 d_1/44 \quad - 0,6$	44—Cl_3^+, 2 anneaux de Cl_4
	»	$= 10 d_1/19 \quad - 3,2$	19—Cl_3^{++}, 1er anneau de Cl_6
	»	$= 12 d_1/23 \quad + 1,7$	23—Cl_3^{--}, 1er anneau de Cl_6
O_2H_2 solution, Raman...	875	$= 14 d_1/17 \quad + 0,0$	17—O_2^-, 2 anneaux de O_2H_2
	»	$= 32 d_1/13\times3 + 3,2$	13—O_2^-, 1er anneau de O_2H_2
	»	$= 37 d_1/\ 9\times5 + 1,6$	9—O^-, 2 anneaux de O_2^-
	»	$= 23 d_1/\ 7\times4 + 2,2$	7—O^-, 1er anneau de O_2^-
	»	$= 33 d_1/\ 8\times5 - 1,6$	8—O, 2 anneaux de O_2^-

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la présence de sulfures minéraux dans une terre arable*. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **L. Silberstein**.

Le soufre existe dans les terres cultivables sous diverses formes, organiques et minérales. Dans le premier cas, il fait partie de nombreuses espèces vivantes, végétales ou animales, ou se trouve encore engagé dans les substances plus ou moins dégradées qui proviennent de la mort et de la décomposition de ces espèces ; dans le second cas, il est présent, d'ordinaire,

(1) Les sources sont : pour Cl_2, Bhagavantam, *Ind. Jour. of Phys.*, 3, 1930, p. 35, et pour O_2H_2, Venkateswaran, *Nature*, 127, 1931, p. 408.

à l'état de sulfates : alcalins, magnésien et alcalino-terreux. Ce sont ces sulfates, solubles [1] et aisément assimilables, qui constituent le principal stock de soufre immédiatement utile aux plantes cultivées.

A ces combinaisons plus ou moins connues, nous avons trouvé qu'il pouvait parfois s'en ajouter une autre, dont le rôle sur les racines des végétaux supérieurs est loin d'être favorable.

Nous avions cherché et réussi à trouver une terre très pauvre en soufre total, dans l'intention d'étudier, dans des conditions particulièrement démonstratives, l'action des engrais sulfatés. Cette terre provenait d'une olivette située au bord de la route, dans le quartier dit des Baraques, au sud de Langlade, dans le département du Gard.

Depuis un temps immémorial, l'olivette était en friche, livrée à la culture spontanée, avec un olivier de loin en loin. Le sol était très caillouteux. Les plantes qui le recouvraient étaient celles des garrigues. En enlevant les pierres, on trouvait facilement une couche de terre végétale de 25^{cm} d'épaisseur environ. C'est avec cette terre, prélevée par M. Astruc, directeur de la Station agronomique et œnologique du Gard, terre qui n'avait « jamais reçu aucun engrais ni traitement soufrés ou sulfatés d'aucune sorte » que nous avons expérimenté.

De coloration jaune brun peu accentuée, argilo-calcaire, pauvre en matières organiques, elle ne contenait qu'une très petite proportion de soufre total, la plus petite même que nous ayons encore rencontrée : $0^{g},116$ par kilogramme de terre fine séchée à l'air et passée au tamis de 1^{mm}. Nous y avons trouvé, d'autre part, $0^{g},021$ de baryum par kilogramme.

Cette terre a été mise en pots, ensemencée avec de l'avoine, du colza, de la luzerne et du sarrazin, et maintenue au taux d'humidité de 18 pour 100 par des arrosages réguliers à l'eau pure ou additionnée de sels nutritifs. Les germinations se sont faites assez régulièrement, mais les jeunes plantes n'ont pas tardé à mourir. Nous avons renouvelé les cultures sans plus de succès; nous en avons entrepris d'autres après avoir ajouté 50 pour 100 de sable pour rendre la terre plus perméable, les résultats ont été presque aussi mauvais. Et cependant, des pots témoins préparés avec une autre

---

(1) Nous avons montré que la terre renferme de petites proportions de baryum et de strontium (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 335 et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 43, 1928, p. 372 et 458). La solubilité des sulfates de ces métaux est très faible et, probablement, doit-on en tenir compte dans l'évaluation du stock de soufre assimilable.

terre, les mêmes graines, la même eau d'arrosage et les mêmes sels nutritifs donnaient des cultures normales.

Nous avons alors soumis la terre à une analyse plus complète et nous avons eu la surprise d'y reconnaître la présence d'une minime proportion de sulfures facilement décomposables à froid par l'acide chlorhydrique.

Quand on verse un peu de cet acide sur quelques grammes de la terre contenus dans un verre à pied, il y a une vive effervescence, à cause des 14,5 pour 100 de carbonate de calcium présents : le gaz qui se dégage possède une odeur schisteuse très nette et aussi, semble-t-il, légèrement sulfurée. En répétant l'expérience dans un flacon que l'on ferme, aussitôt après avoir versé l'acide, avec un bouchon garni d'un tube contenant une bandelette de papier à l'acétate de plomb, la bandelette se colore en brun noir sur une certaine longueur.

Nous avons réalisé une démonstration plus rigoureuse en opérant de la manière suivante : 100 ou 200^g de terre sont placés dans un ballon muni d'un bouchon à travers lequel passent deux tubes coudés et la douille d'une ampoule à robinet. On chasse l'air du ballon par un courant de gaz carbonique, bien lavé à travers une solution d'acétate de plomb. Au sortir du ballon, le gaz passe à travers un filtre de coton, puis dans un tube à boule de Liebig contenant une solution d'acétate de plomb à 1 pour 100 additionnée de 0,5 pour 100 d'acide acétique. Lorsque l'air est chassé, on arrête le courant de gaz carbonique et on laisse couler peu à peu de l'acide chlorhydrique dilué au tiers contenu dans l'ampoule à robinet. Le calcaire est décomposé; on s'arrange pour que le gaz dégagé barbote bulle à bulle dans le tube de Liebig; à la fin, quand une nouvelle addition d'acide chlorhydrique ne provoque plus d'effervescence, on fait passer à nouveau le courant de gaz carbonique et l'on chauffe légèrement le contenu du ballon pour favoriser le départ du gaz dissous.

On a observé dans ces conditions, avec la terre de l'olivette de Langlade, la production dans le tube de Liebig d'un petit précipité noir de sulfure de plomb. Ce précipité, séparé du réactif dans lequel il a pris naissance, lavé à fond avec de l'eau légèrement acidifiée par l'acide acétique, et traité par un peu d'acide nitrique étendu, s'est dissous par oxydation. La solution nitrique, évaporée à sec, a laissé un résidu blanc, cristallisé, de sulfate de plomb, facilement reconnaissable et dont on a pris le poids. Le résultat a été positif aussi bien avec la terre de provenance directe qu'avec celle retirée de nos pots de culture.

Au contraire, avec du carbonate de calcium, de la terre du jardin de l'Institut Pasteur, plusieurs échantillons de terres venant de Bretagne, de l'Yonne et du Gard, nous n'avons obtenu aucune précipitation de sulfure de plomb; le réactif placé dans le tube de Liebig est resté parfaitement incolore et limpide, sans la moindre trace d'anneau ou d'enduit coloré.

Il nous a paru facile de déterminer, à l'aide de la méthode décrite ci-dessus, combien il y avait de sulfure dans la terre. Nous avons dû reconnaître que cela n'était pas possible. Sous l'influence de l'acide ajouté, il se forme du chlorure ferrique, ce sel agit comme oxydant et il ne se dégage qu'une partie, probablement même une très faible partie de l'hydrogène sulfuré libérable. Nous avons essayé plusieurs manières d'attaquer le sulfure, tenté l'opération en présence d'un réducteur tel que l'hydroquinone, le pyrogallol, l'hydrazine et l'hydroxylamine, etc. En réalisant ces essais avec des quantités connues (allant de 10 à 20^{mg}) de monosulfure de sodium ajoutées à de la terre, il ne s'est jamais dégagé qu'une minime fraction de l'hydrogène sulfuré (1 à 2^{mg}) introduit dans le ballon.

Quel peut être le sulfure métallique contenu dans la terre de l'olivette sur laquelle porte notre observation ?

On a signalé à plusieurs reprises l'existence de bisulfure de fer sous les formes de pyrite et de marcassite dans des tourbières, des sols marécageux ou submergés (¹). Mais il ne peut s'agir ici de ces composés qui sont inattaquables par l'acide chlorhydrique. Sans doute même ne s'agit-il pas non plus de protosulfure de fer, car le sulfure contenu dans la terre résiste à l'action de l'acide acétique qui, le fait est bien connu de tous les analystes, décompose facilement le sulfure ferreux, du moins quand celui-ci est formé par voie humide. Il faudrait plutôt penser à du sulfure de zinc, voire de nickel ou de cobalt, la terre renfermant ordinairement des quantités suffisantes des trois métaux en question pour justifier l'hypothèse (²).

Quelle que soit sa composition exacte, le sulfure contenu dans la terre de

(¹) C. Claessen, *Mitt. Ver. Förd. Moorkult.*, **13**, 1895, p. 444; H. Minssen, *Mitt. Ver. Förd. Moorkult.*, **22**, 1904, p. 1; Cl. O. Rost, *Soil Science*, **14**, 1922, p. 167; W. Thörner, *Zeits. angew. Chem.*, **29**, 1916, p. 233; P. P. Dehérain, *Traité de Chimie agricole*, Paris, 1902, p. 543, 2e édition.

(²) Dans 24 terres provenant de la France, de l'Allemagne, du Danemark, de l'Italie, de la Roumanie et de la Serbie, Gab. Bertrand et M. Mokragnatz ont trouvé de 5 à 40^{mg} de nickel et de 1/10 à 12^{mg} de cobalt par kilogramme (*Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 112, et **179**, 1924, p. 1566, et, avec plus de détails, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **31**, 1922, p. 1330, et **37**, 1925, p. 326 (à la page 327 de ce dernier Mémoire il faut lire

l'olivette n'est probablement pas le seul agent responsable de l'échec de nos cultures. Sa présence est l'indice de fermentations réductrices néfastes dont on peut s'expliquer le développement par l'abandon de la terre aux intempéries et à la culture spontanée. Faute de labours et sous l'influence des pluies, la couche de terre végétale s'est tassée, elle est devenue peu perméable à l'oxygène atmosphérique, et des colonies de microbes aérobies ont pu s'y développer en des points de plus en plus nombreux [1]. On comprend alors que le retournement de cette terre, suivi du mélange de toutes ses parties, ait donné un résultat défavorable. Pour rendre fertile cette terre fatiguée, il ne suffisait pas de lui ajouter quelques sels nutritifs, il aurait fallu d'abord l'ameublir, faire disparaître, par l'action de l'air et du temps, les colonies de microbes réducteurs ou, du moins, assurer la prédominance dans sa masse des microbes aérobies.

MÉDECINE. — *Applications médicales des émanations radioactives, d'après les travaux de M. G. Vaugeois.* Note de M. D'ARSONVAL.

C'est à l'état dissous que les sels de radium laissent dégager le plus complètement l'émanation ou *Radon* (M. et Mme Curie).

Mais cette extraction du Radon d'une source liquide nécessite un appareillage complexe d'un maniement trop délicat en dehors du laboratoire.

C'est la raison qui a empêché la *Radonthérapie* de se répandre malgré les beaux résultats cliniques obtenus. Les praticiens n'ont ni le temps, ni les connaissances voulues pour se livrer à ces manipulations spéciales.

Il y avait donc intérêt, pour les applications médicales, à trouver une source d'émanation plus simple.

C'est à résoudre ce problème que s'est attaché en 1925, sur mes instigations, un de mes assistants : M. Georges Vaugeois.

---

supérieures au lieu de *inférieures*). D'autre part, dans 78 échantillons de terre de France, MOKRAGNATZ a dosé de 4 à 88mg de zinc par kilogramme (*Thèse Fac. Sc. Paris*, 1922).

La quantité d'hydrogène sulfuré recueillie en partant de 200g de terre de l'olivette correspondait à 2mg de soufre par kilogramme, c'est-à-dire au double environ de zinc, de nickel et de cobalt.

[1] BRÉAL a montré qu'en tassant de la terre dans un long tube par un arrosage continu, cette terre, productrice de nitrates à l'origine, réduisait au contraire les mêmes sels après quelque temps (*Ann. agron.*, 22, 1896, p. 32).

J'ai communiqué ses premiers résultats à l'Académie le 6 décembre 1926, dans une Note publiée le 20.

A la solution radifère, classique depuis Curie, Vaugeois a substitué une source émanogène *solide* de très faible volume (*donc transportable*) ne nécessitant aucune manipulation. Cette source s'adapte avec la plus grande facilité à toute une série d'accessoires qui permettent de charger d'émanation les solides, les liquides et les gaz les plus divers, en vue de leur application à la thérapeutique.

Cette mise au point, qui a nécessité de nombreux et longs essais, fut interrompue par la mort de Georges Vaugeois, mais continuée par son successeur M. Godin sur les mêmes données.

En principe, la source d'émanation consiste en un simple tube métallique renfermant un sel de radium ou de thorium spécialement préparé d'après une des formules indiquées par Vaugeois dans sa Note de 1926.

Ce tube libère *par unité de temps* la quantité d'émanation pour laquelle il a été construit, et ce à la température ambiante, sans aucune manipulation préalable. Le dosage de l'émanation accumulée entre les deux robinets qui limitent le volume du tube se réduit donc à la mesure d'un temps par une montre ordinaire.

La régularité et la constance du dégagement de l'émanation dans ces conditions se maintiennent remarquablement au taux moyen de 50 pour 100 en comparaison de ce que donne la solution radifère classique; cela résulte des observations faites par MM. Vaugeois et Godin pendant plusieurs années, observations confirmées récemment au laboratoire de M. Lepape.

Le dispositif Vaugeois a de plus l'avantage de mettre l'émanation pure, dépourvue de tout sel radifère, au contact des tissus.

On évite de la sorte les effets destructeurs que cause le radium sur les cellules *par action directe*, vu sa longue période de transformation et la difficulté de son élimination par l'organisme.

Ce procédé rend donc pratique et sans danger l'émanothérapie. J'ai tenu à le faire connaître à l'Académie pour honorer la mémoire de mon assistant.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les propriétés des cupronickels à l'étain et au silicium employés pour obturateurs à vapeur.* Note de MM. **Léon Guillet**, **Auguste Le Thomas** et **Marcel Ballay**.

La construction des machines thermiques poussées utilise, notamment pour la confection des obturateurs de vapeur, des alliages répondant à la

formule de principe : nickel, 50 pour 100; cuivre, 34 pour 100; étain, 16 pour 100. L'expérience pratique a montré qu'ils avaient habituellement une bonne tenue dans les conditions de leur emploi industriel, qui nécessite les qualités suivantes : inoxydabilité, grande dureté, tant à froid qu'aux températures atteintes par la vapeur (jusqu'à 500°), absence de fragilité, dilatabilité voisine de celle des bronzes. Cependant les caractéristiques effectivement obtenues manifestent parfois des anomalies sensibles, spécialement en ce qui concerne la dureté, et cela malgré les précautions, apparemment minutieuses, prises lors de l'élaboration. Le but initial des recherches résumées dans la présente Note était de préciser la nature et l'importance des facteurs de ces anomalies; plus tard, ayant reconnu l'influence prédominante de l'une des impuretés habituelles, le silicium, nous avons été amenés à étudier une nouvelle famille d'alliages (Ni, Cu, Sn, Si) présentant sur les précédents de nombreux avantages pratiques.

L'étude des cupro-nickels additionnés d'étain (jusqu'à 20 pour 100 environ), élaborés à partir de métaux pratiquement purs, montre que ces alliages ont une constitution structurale analogue à celle des bronzes ordinaires contenant les mêmes quantités d'étain; on aperçoit au microscope : 1° une solution solide de cuivre, de nickel et d'étain, analogue au constituant α des bronzes; 2° un constituant beaucoup plus dur, présentant une certaine ressemblance avec le δ des bronzes; nous nommons respectivement ces constituants α et D. Nous avons étudié un nombre suffisant d'alliages (tableau, série A, séries B et C pour $Si = 0$) pour pouvoir déterminer la frontière des domaines α et $\alpha + D$ et tracer le réseau des courbes isoclères, dans le domaine limité par les teneurs suivantes : $Ni = 50$ pour 100, $Ni = 70$ pour 100, $Sn = 0$ pour 100, $Sn = 20$ pour 100. Le constituant D apparaît dès que la teneur en étain dépasse 8 pour 100; les duretés sont sensiblement plus élevées que celles des bronzes contenant les mêmes proportions d'étain mais n'atteignent jamais les valeurs de l'ordre de 300 (Brinell) désirables pour l'emploi; le durcissement par addition d'étain dans les alliages à 50 pour 100 de nickel est plus rapide que dans ceux qui en contiennent 70 pour 100. L'influence sur la dureté des divers facteurs de fonderie (température et vitesse de coulée, etc.) ainsi que des traitements thermiques est faible; il en est de même de celle des impuretés autres que le silicium : fer, manganèse, antimoine, zinc, plomb.

L'influence du silicium est, au contraire, très importante; nous l'avons étudiée systématiquement, pour les teneurs inférieures à 5 pour 100 (tableau, séries B et C).

Série.	Composition de l'alliage de base.			Additions.	Dureté Brinell à 20°.	Constitution structurale.
A...	Cu = 50	Ni = 50	–	Sn = 0	100	α
				5	125	α
				10	172	α + D
				15	214	α + D
	Cu = 40	Ni = 60	–	Sn = 0	92	α
				5	135	α
				10	155	α + D
				15	188	α + D
	Cu = 30	Ni = 70	–	Sn = 0	104	α
				5	134	α
				10	142	α + D
				15	168	α + D
B...	Cu = 30	Ni = 67	Sn = 3	Si = 0	112	α
				2	157	α + un peu de D
				4	377	α + D
	Cu = 28	Ni = 60	Sn = 12	Si = 0	155	α + un peu de D
				1	188	α + D
				2	259	α + D
				3	353	α + D
C...	Cu = 48	Ni = 50	Sn = 2	Si = 0	(poreux)	α
				0,5	118	α
				1,0	145	α
				2,0	300	α + un peu de D
				3,0	337	α + D
				5,0	377	α + D
	Cu = 42	Ni = 50	Sn = 8	Si = 0	151	α + traces de D
				0,5	171	α + D
				1,0	214	α + D
				2,0	323	α + D
				3,0	363	α + D
				5,0	415	α + D
	Cu = 34	Ni = 50	Sn = 16	Si = 0	222	α + D
				0,5	249	α + D
				1,0	306	α + D
				2,0	362	α + D
				3,0	400	α + D
				5,0	426	α + D

La dureté croît très vite avec l'élévation de la teneur en silicium ; l'examen micrographique ne manifeste pas la présence d'un nouveau constituant, dans les limites de composition indiquées, mais on aperçoit que le silicium

augmente la proportion du constituant dur D; tout se passe comme si cet élément diminuait la teneur limite en étain correspondant à la frontière des domaines α et $\alpha + D$. L'obtention des duretés au moins égales à 300 (Brinell) ne présente aucune difficulté, même pour des teneurs en étain modérées.

Nous avons déterminé les duretés des alliages de la série C (tableau) aux températures suivantes : 150°, 250°, 350°, 450°; la diminution de dureté entre 20° et 450° est très progressive et reste inférieure dans tous les cas à 15 pour 100. Le coefficient de dilatation, mesuré entre 20° et 450° reste compris ensre 17×10^{-6} et 18×10^{-6}, c'est-à-dire qu'il est très voisin, de celui des bronzes.

A dureté équivalente, la diminution de la teneur en étain (compensée par une augmentation de silicium) améliore la résistance au choc et diminue la tendance aux microretassures.

En résumé, cette étude a montré que les qualités exigées pour les alliages employés dans la construction des obturateurs de vapeur peuvent être obtenues à l'aide des cupronickels, avec des combinaisons diverses de teneurs en étain et en silicium. L'addition de silicium permet d'augmenter nettement la dureté. Parmi les alliages étudiés, deux types paraissent particulièrement intéressants pour les appareils très poussés :

(*a*)	Ni = 50 pour 100,	Cu = 39 pour 100,	Sn = 8 pour 100,	Si = 3 pour 100
(*b*)	Ni = 65 » ,	Cu = 27,5 » ,	Sn = 4 » ,	Si = 3,5 »

Leur dureté Brinell est de l'ordre de 350 à 20° et de 315-320 à 450°; ils ont la même structure que les bronzes ordinaires à 15 pour 100 d'étain.

HYDRODYNAMIQUE. — *La similitude des systèmes en charge sans dimensions linéaires propres.* Note (¹) de MM. **C. Camichel** et **L. Escande.**

La relation de Reynolds : $VD/\nu = \text{const.}$ constitue la condition fondamentale de similitude des systèmes en charge dans lesquels s'écoulent des fluides incompressibles visqueux.

En général, les dimensions linaires du système, caractérisées par D, commandent l'écoulement; la condition de Reynolds fixe alors le rapport

(¹) Séance du 6 juin 1932.

des vitesses homologues :

$$\frac{V'}{V} = \frac{D}{D'} \times \frac{\nu'}{\nu}$$

pour lesquelles les phénomènes sont semblables.

Mais certains systèmes ne font pas intervenir de dimensions linéaires propres, soit parce qu'ils sont pratiquement illimités (courants sous-marins, courants atmosphériques), soit parce qu'ils sont limités par des plans indéfinis (mouvement au voisinage d'un plan, attaque d'un demi-plan limité par une droite, écoulement dans un dièdre). La dimension linéaire D n'est donc plus une donnée fixée par le système, mais elle apparaît comme une conséquence de l'écoulement, d'ailleurs variable en général avec la vitesse; elle se manifeste par la répartition des vitesses et des pressions dans la masse liquide et, éventuellement, par la courbure des trajectoires, ou par des longueurs d'onde.

La similitude existe toujours dans ces systèmes, quels que soient les vitesses et les coefficients cinématiques de viscosité des fluides comparés, le rapport des dimensions linéaires étant fixé par la condition de Reynolds :

$$(1) \qquad \frac{D'}{D} = \frac{V}{V'} \times \frac{\nu'}{\nu}.$$

Nous allons exposer deux applications de ces considérations générales à l'étude de deux problèmes particuliers :

1° *Attaque d'un demi-plan par un courant de vitesse uniforme, parallèle au demi-plan et normale à la droite qui le limite.* — Le demi-plan est constitué par une plaque verticale, placée suivant un plan diamétral, dans un ajutage de 30^{cm} de diamètre, traversé par un courant d'eau à 16°C., ayant, en l'absence de tout obstacle, une vitesse uniforme V (*fig.* 1).

Si l'on fait varier la vitesse, ν restant constant, la condition de Reynolds se réduit à VD = const.; les dimensions linéaires varient en raison inverse de la vitesse.

Nous avons étudié l'épaisseur y de la couche limite, le long de la plaque, dans le plan médian horizontal de l'ajutage, en fonction de la distance x à l'extrémité amont de la plaque, pour une vitesse d'attaque égale d'abord à V, puis à V'. Nous avons vérifié (*fig.* 1) que les courbes (Vx, Vy) et ($V'x'$, $V'y'$) étaient confondues.

L'épaisseur de la couche limite était déduite, dans ces expériences, faites en collaboration avec M. Teissié-Solier, de l'étude chronophotographique

de la répartition des vitesses le long des diverses normales à la plaque, telles que Δ.

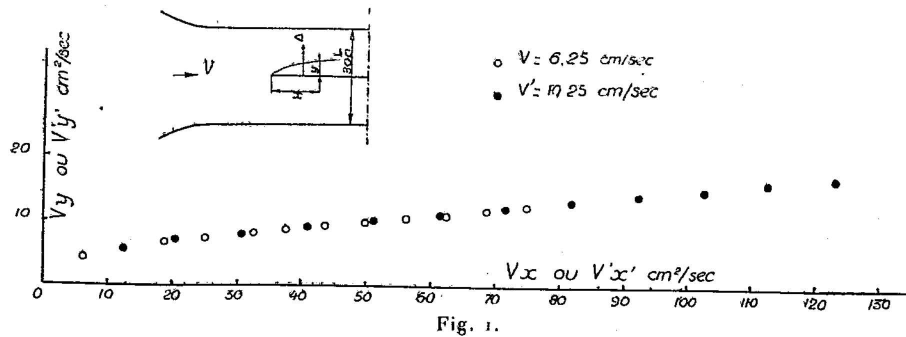


Fig. 1.

2° *Application aux tourbillons secondaires.* — MM. Crausse et Baubiac, dans leurs études sur les tourbillons secondaires [1], ont appliqué cette méthode à l'étude de la similitude de ces tourbillons, produits dans les conditions suivantes :

Dans l'ajutage de 30^{cm}, une plaque demi-circulaire, limitée par un dia-

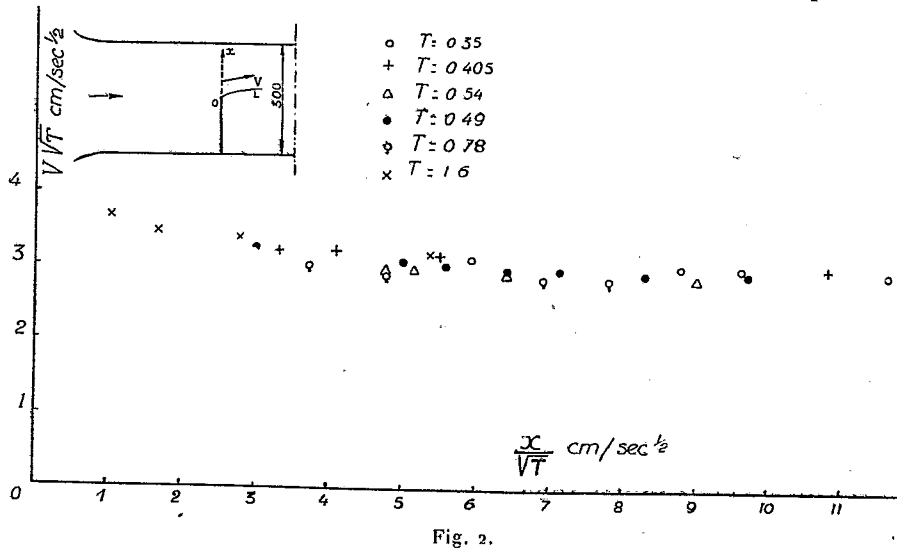


Fig. 2.

mètre vertical, obture une moitié de la section droite; l'observation directe permet de mesurer, dans le plan médian horizontal de l'ajutage, la période des tourbillons secondaires naissant dans la première portion de la ligne de discontinuité L (*fig.* 2).

[1] *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1355 et 1529.

On peut considérer le phénomène, dans la région avoisinant O, comme indépendant de toute dimension linéaire provenant des limites imposées à l'écoulement.

Soient alors, pour deux débits différents d'un même liquide (eau à 12°C.) traversant l'ajutage, T et T' les valeurs des périodes; les mouvements doivent être semblables, comme nous le montrons au début de cette Note; en tenant compte des équations de dimensions et de la relation (1), on voit, sans difficulté, que le rapport des vitesses homologues est $V'/V = \sqrt{T/T'}$, les ordonnées des points homologues pour lesquels on mesure les vitesses se déduisant du rapport des dimensions linéaires $D'/D = \sqrt{T'/T}$.

MM. Crausse et Baubiac ont montré, par leurs expériences, que ce résultat se vérifiait, au moins pour des vitesses inférieures à 5,5 cm/s; les courbes de la figure 2, qu'ils ont obtenues, montrent les variations de $V\sqrt{T}$ en fonction de $x/\sqrt{T}$, le long de la droite Ox, dans les portions voisines de l'arête O, pour six valeurs différentes du débit et par suite de la période T. Ces diverses courbes se confondent sensiblement, ce qui montre que la loi de similitude se vérifie, dans la limite des vitesses étudiées.

M. Léon Guillet fait hommage à l'Académie de la troisième édition du *Précis de Métallographie microscopique et de Macrographie* qu'il a écrit en collaboration avec M. Albert Portevin. Il insiste sur les points nouveaux développés dans cette troisième édition.

NOMINATIONS.

MM. Ch. Lallemand, M. d'Ocagne et A. Bigot sont délégués à l'inauguration du monument élevé à la mémoire de *Laplace*, à Beaumont-en-Auge (Calvados) le 3 juillet 1932.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de la Guerre prie l'Académie de vouloir bien désigner deux de ses membres qui feront partie du *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique* pour l'année scolaire 1932-1933.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° G. Grandidier et G. Petit. *Zoologie de Madagascar.* Préface de M. E. Bourdelle.

2° Louis Roule. *Les Poissons et le monde vivant des eaux. Études Ichtyologiques et Philosophiques.* Tome cinquième. *Larves et métamorphoses.* (Présenté par M. L. Joubin.)

3° K. G. Meldahl. *Tidebolger og Flekker på solen.*

CALCUL DES VARIATIONS. — *Détermination explicite de certains minima dans des problèmes sans conditions aux limites.* Note de M. **Maurice Janet**, présentée par M. Hadamard.

1. Soit y une fonction de x, définie et continue dans l'intervalle (o, 1), ayant une dérivée première continue (ou à points de discontinuité de première espèce, en nombre fini). On sait que *si y s'annule aux deux extrémités de l'intervalle* (o, 1), on a l'inégalité

$$\frac{\int_0^1 y'^2\,dx}{\int_0^1 y^2\,dx} \geqq \pi^2.$$

Cette formule peut être considérée comme *une conséquence de la suivante, où y n'est plus assujettie à aucune condition aux limites :*

$$\frac{\int_0^1 y'^2\,dx}{\int_0^1 y^2\,dx} \geqq 4\lambda(\lambda - \mathrm{X}\tang\lambda), \tag{1}$$

laquelle a lieu pour toute valeur de λ comprise entre o et $\pi/2$, X désignant [1] le rapport

$$\frac{\frac{1}{2}(y_0^2 + y_1^2)}{\int_0^1 y^2\,dx}.$$

La démonstration peut se faire en utilisant les procédés directs indiqués

[1] y_0, y_1 sont les valeurs de y pour $x = 0$ et pour $x = 1$.

par M. R. Courant [1] pour les problèmes naturels du calcul des variations : dans le cas présent, démonstration de l'existence du *minimum* de

$$\frac{\int_0^1 y'^2\,dx + 2a(y_0^2 + y_1^2)}{\int_0^1 y^2\,dx} \qquad (a \text{ donné positif})$$

sans qu'aucune condition aux limites soit imposée.

La formule n'a d'ailleurs d'intérêt que si X est *inférieur à* 1.

Le signe = est obtenu pour les fonctions

$$c\cos\lambda(2x-1),$$

et pour celles-là seulement.

2. En partant d'une valeur négative pour la constante donnée $\bar{a}$, on obtient de même la formule suivante :

$$(2) \qquad \frac{\int_0^1 y'^2\,dx}{\int_0^1 y^2\,dx} \geqq 4\lambda(\mathrm{X}\,\mathrm{th}\,\lambda - \lambda),$$

qui, à son tour, n'a d'intérêt que si X est *supérieur à* 1.

Le signe = est obtenu pour les fonctions

$$c\,\mathrm{ch}\,\lambda(2x-1),$$

et pour celles-là seulement.

3. Si l'on se donne une valeur de X, on utilisera l'une ou l'autre des formules (1), (2) suivant que X sera inférieur ou supérieur à 1. De plus la valeur de λ la plus avantageuse à choisir sera celle qui rend *maximum* le second membre de la formule utilisée. On est amené ainsi au résultat suivant :

Soit (C) la courbe décrite par le point de coordonnées cartésiennes ξ, η

$$\left.\begin{aligned} \xi &= \frac{t(1+\cos t)}{t+\sin t} \\ \eta &= t^2\,\frac{t-\sin t}{t+\sin t} \end{aligned}\right\} \qquad (0 \leqq t \leqq \pi),$$

$$\left.\begin{aligned} \xi &= \frac{t(1+\mathrm{ch}\,t)}{t+\mathrm{sh}\,t} \\ \eta &= t^2\,\frac{\mathrm{sh}\,t-t}{\mathrm{sh}\,t+t} \end{aligned}\right\} \qquad (0 \leqq t).$$

---

[1] *Acta mathematicæ*, 49, 1926, p. 1.

Cette courbe se compose de deux branches : l'une descendante allant du point $(0, \pi^2)$ au point $(1, 0)$; l'autre ascendante allant du point $(1, 0)$ au point (∞, ∞). *Le point*

$$X = \frac{\frac{1}{2}(y_0^2 + y_1^2)}{\int_0^1 y^2\,dx},$$

$$Y = \frac{\int_0^1 y'^2\,dx}{\int_0^1 y^2\,dx}$$

ne peut se trouver que dans la région située au-dessus de C, *ou sur cette courbe* C *elle-même*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités de l'intégrale de Laplace-Abel*. Note de MM. **P. L. Srivastava** et **S. P. Jain**, présentée par M. Hadamard.

L'objet de cette Note est de généraliser certains résultats de M. Polya [1] concernant les singularités de l'intégrale de Laplace-Abel,

$$f(s) = \int_0^\infty \varphi(z) e^{-sz}\,dz,$$

M. Polya suppose la fonction $\varphi(z)$ entière, tandis que nous prendrons $\varphi(z)$ analytique dans la région angulaire $|\psi| = |\arg z| \leqq \alpha$, où l'angle α est, pour fixer les idées, pris plus petit que $\pi/2$. Nos trois premiers théorèmes établissent des relations réciproques entre $f(z)$ et $\varphi(z)$ analogues à celles qu'établit M. Polya dans ses n°s 21-22; et notre théorème IV généralise son théorème III (p. 585).

Théorème I. — *Si $\varphi(z)$ est analytique en z dans l'angle $|\psi| \leqq \alpha$ avec*

$$\varphi(z) = O(e^{k\rho}); \quad k \geqq 0 \quad (z = \rho e^{i\psi}), \tag{1.1}$$

$$\varphi(0) = 0, \tag{1.2}$$

alors

$$f(s) = \int_0^\infty \varphi(z) e^{-sz}\,dz \tag{1.3}$$

---

[1] *Math. Zeitschrift*, 29, 1929, p. 578-591.

est soit une fonction entière de s, soit une fonction analytique dans la région extérieure à une certaine courbe Σ liée à $\varphi(z)$, avec $f(s)=O(1/|s|^2)$.

Soit

$$\lambda(\psi)=\overline{\lim_{\rho\to\infty}}\frac{\log|\varphi(\rho e^{i\psi})|}{\rho}\qquad \text{pour } |\psi|\leq\alpha.$$

Ou bien $\lambda(\psi)=-\infty$ pour quelque valeur de ψ, et alors $f(s)$ est une fonction entière, ou $\lambda(\psi)$ est fonction continue de ψ pour $|\psi|<\alpha$, auquel cas, en changeant continûment la ligne d'intégration, on voit aisément que $f(s)$ est analytique dans la région extérieure à la courbe Σ donnée par

$$R\cos(\theta+\psi)=\lambda(\psi),\qquad |\psi|\leq\alpha\qquad (s=Re^{i\theta}),$$

cette courbe s'étendant à l'infini. On a d'ailleurs la réciproque suivante :

Théorème II. — *Si $f(s)$ est analytique en s dans la région extérieure à la courbe Σ et d'ordre $1/|s^2|$, alors il existe une fonction*

$$\varphi_1(z)=\frac{1}{2\pi i}\int_{\Sigma'}f(s)e^{zs}\,ds \tag{1-4}$$

(Σ' étant une courbe parallèle à Σ), telle que $\varphi(z)$ est analytique dans l'angle $|\varphi\leq\alpha|$, d'ordre $e^{(\lambda(\psi)+\varepsilon)\rho}$, et que l'on ait (1.2), (1.3).

Démonstration par la relation

$$\int_0^\infty\varphi(z)e^{\zeta z}\,dz=\frac{1}{2\pi i}\int_0^\infty e^{-\zeta z}\left[\int_{c-i\infty}^{c+i\infty}e^{zs}f(s)\,ds\right]dz=f(\zeta).$$

Théorème III (Unicité). — *Si deux fonctions $\varphi_1(z)$ et $\varphi_2(z)$ donnent lieu au même $f(s)$, alors $\varphi_1(z)\equiv\varphi_2(z)$.*

En premier lieu, pour z réel et positif, et R étant arbitraire $(R>z)$,

$$\varphi(z)=\frac{1}{2\pi i}\int_{c-i\infty}^{c+i\infty}f(s)e^{zs}\,ds=\frac{1}{2\pi i}\int_{c-i\infty}^{c+i\infty}e^{zs}\left[\int_0^\infty\varphi_1(t)e^{-st}\,dt\right]ds,$$

$$=\frac{1}{2\pi i}\int_{c-i\infty}^{c+i\infty}e^{zs}\left[\int_0^R e^{-st}\varphi_1(t)\,dt+\int_0^\infty e^{-st}\varphi_1(t)\,dt\right]ds.$$

La seconde intégrale au dernier membre est nulle et la première égale à $\varphi_1(z)$ par application de l'intégrale de Fourier. La conclusion s'étend à tout le plan par prolongement analytique. De ces trois théorèmes résulte :

Théorème IV. — *Si $\varphi(z)$ vérifie (1.1) et (1.2), toute tangente à Σ contient un point singulier de $f(s)$, si Σ existe dans une partie finie du plan.* Ceci permet aussi d'étudier les singularités de la série de Dirichlet $\sum_1^\infty\varphi(\log n)n^{-(s+1)}$ puisque, à distance finie, elles sont identiques à celles de $f(s)$.

THÉORÈME V (Généralisation d'un lemme de M. Hardy). — *La condition nécessaire et suffisante pour que* $\varphi(z)$ *vérifie* (1.1) *et* (1.2) *avec l'égalité*

$$\overline{\lim_{\rho\to\infty}}\frac{\log|\varphi(\rho e^{i\psi})|}{\rho}=\lambda(\psi)\qquad \text{pour}\qquad |\psi|\leqq\alpha$$

est qu'elle soit de la forme (1.4) *avec* $f(s)$ *analytique dans la région extérieure à la courbe* Σ, *mais non dans une région analogue plus étendue, et d'ordre* $O(1/|s|^2)$.

THÉORÈME VI. — *Si* $f_1(s)$ *et* $f_2(s)$ *sont définies par*

$$(5)\qquad f_1(s)=\int_0^\infty \varphi_1(z)e^{-sz}\,dz,\qquad f_2(s)=\int_0^\infty \varphi_2(z)e^{-sz}\,dz,$$

où $\varphi_1(z)$ *et* $\varphi_2(z)$ *vérifient toutes deux* (1.1) *et* (1.2), *alors*

$$(6)\qquad F(s)=\int_0^\infty e^{-sz}\varphi_1(z)\varphi_2(z)\,dz$$

n'a pas d'autres singularités à distances finies que celles qu'on obtient en ajoutant celles de $f_1(s)$ *et de* $f_2(s)$.

Pour étudier $F(s)$, on utilise la formule

$$(7)\qquad F(s)=\frac{1}{2\pi i}\int_{\gamma-i\infty}^{\gamma+i\infty} f_1(z)f_2(s-z)\,dz.$$

Le théorème IV donne la généralisation suivante d'un théorème de M. Polya (1).

THÉORÈME VII. — *Si* $f(z)$ *est une fonction analytique de* z *dans le demi-plan* $R(z)\geqq\beta$ $(z=\beta+\rho e^{i\psi})$ *et d'ordre* $e^{k\rho}$, $0\leqq k<\pi$, *alors*

$$\lim_{n\to\infty}\left|\varphi(n)^{\frac{1}{n}}\right|=\lim_{n\to\infty}\left|\varphi(\rho)^{\frac{1}{\rho}}\right|,$$

où n *passe par les valeurs entières* 1, 2, ... *et* ρ *par les valeurs positives.*

Une rédaction détaillée paraîtra dans un autre Recueil.

---

(1) *Math. Zeits.*, 29, 1929, p. 606.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la relation entre une suite donnée et une autre suite dérivée avec le même intervalle d'oscillation.* Note de M. **C. E. Winn**, présentée par M. Hadamard.

1. Si la suite $\{t_n\}$ est dérivée de la suite $\{s_n\}$ au moyen de la transformation

$$t_n = \sum_{\nu=0}^{n} a_{n\nu} s_\nu,$$

où les $a_{n\nu}$ sont $\geqq 0$, nous savons que la convergence de s_n entraîne celle de t_n, si

$$\lim_{n \to \infty} a_{n\nu} = 0 \qquad (\nu \text{ fixe}), \tag{1}$$

$$\lim_{n \to \infty} \sum_{\nu=0}^{n} a_{n\nu} = 1, \tag{2}$$

et seulement dans ce cas. J'examine ici les conditions nécessaires et suffisantes à imposer aux $a_{n\nu}$, pour que les limites $\overline{\underline{\lim}}_{n \to \infty} s_n$, qu'on suppose finies, coïncident respectivement avec les limites $\overline{\underline{\lim}}_{n \to \infty} t_n$. Il apparaît que tous les termes de s_n doivent se reproduire, à une différence près qui s'évanouit, parmi ceux de la suite dérivée. En effet, la condition nécessaire et suffisante, complémentaire à (1) et (2), est la suivante : il existe une suite d'entiers, $n(1)$, $n(2)$, ..., $n(\nu)$, ..., avec $n(\nu) \geqq \nu$, telle que

$$\lim_{\nu \to \infty} a_{n(\nu)\nu} = 1 \quad (^1). \tag{3}$$

2. En ce qui concerne la suffisance, puisque s_ν reste fini par hypothèse, les conditions (2) et (3) nous assurent que $\lim_{\nu \to \infty} (t_{n(\nu)} - s_\nu) = 0$. D'autre part on sait que, pour toutes les valeurs de n, $\overline{\lim}\, t_n \leqq \overline{\lim}\, s_n$ et que $\underline{\lim}\, t_n \geqq \underline{\lim}\, s_n$. Il s'ensuit donc que ces limites coïncident respectivement.

Pour établir la nécessité de la condition (3), nous allons construire, lorsqu'elle n'est plus satisfaite, une suite $\{s_n\}$ dont la suite dérivée $\{t_n\}$ aurait une plus petite limite supérieure. En effet on trouverait une quantité posi-

(1) Notons que (1) est une conséquence immédiate de (2) et (3).

tive δ et une suite croissante d'entiers $m_1, m_2, \ldots$, telle que pour $n \geqq m_i$,

$$(4) \qquad a_{nm_i} < 1 - \delta.$$

On pourrait supposer d'ailleurs que les m_i sont distribués de sorte que pour $n \geqq m_{i+1}$ et $0 \leqq \nu \leqq m_i$, on ait

$$(5) \qquad a_{n\nu} < \frac{\delta}{2(m_i + 1)}.$$

Considérons alors la suite s_n, égale à l'unité quand $n = m_i$, et à zéro ailleurs (1). Pour $m_{i+1} < n < m_{i+2}$ on aurait, d'après (4) et (5),

$$t_n = \sum_{\nu=0}^{m_i} a_{n\nu} s_\nu + a_{nm_{i+1}} < \frac{1}{2}\delta + 1 - \delta = 1 - \frac{1}{2}\delta,$$

d'où $\overline{\lim\limits_{n \to \infty}} t_n < 1 = \overline{\lim\limits_{n \to \infty}} s_n$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Nouveaux problèmes sur les équations aux dérivées partielles du second ordre et du type hyperbolique.* Note de M. N. **Cioranesco**, présentée par M. E. Goursat.

1. Étant donnée une équation aux dérivées partielles du second ordre et du type hyperbolique, que, pour simplifier, nous allons considérer comme étant de la forme suivante :

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 z}{\partial x \, \partial y} = \lambda \left[a \frac{\partial z}{\partial x} + b \frac{\partial z}{\partial y} + cz \right] + f(x, y),$$

on distingue quatre types différents de problèmes aux limites, à savoir : 1° le problème de Cauchy; 2° le problème de Darboux-Picard; 3° le problème de M. Picard; 4° le problème de M. Goursat. Nous allons considérer ici quelques conditions initiales pour l'intégration de l'équation (1), qui généralisent les trois derniers problèmes aux limites, et ont ceci en commun qu'au lieu de se donner la valeur de z sur deux arcs de courbes caractéristique ou non caractéristique, on se donne la valeur moyenne de z sur deux familles de courbes à un paramètre. A ce point de vue, les conditions d'intégration que nous considérons seront des *conditions globales*.

(1) On peut en déduire une suite avec des limites données B et A (B < A), soit $s'_n = (B - A)s_n + A$.

2. *Généralisation du problème de Darboux-Picard.* — Cherchons d'abord la solution de l'équation

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x\, \partial y} = f(x, y) \tag{2}$$

qui satisfasse dans le rectangle R(o, o; b, a) aux conditions

$$\int_0^a z(x, s)\, d\alpha(s) = f(x); \qquad \int_0^b z(s, y)\, d\beta(s) = g(y), \tag{3}$$

$\alpha(s)$ et $\beta(s)$ étant deux fonctions à variations bornées, $f(x)$, $g(y)$ deux fonctions données, pourvues de dérivées. On trouve facilement que l'intégrale de l'équation (2) satisfaisant aux conditions (3) est

$$Z(x, y) = F(x, y) + \frac{f_1(x)}{A} + \frac{g_1(y)}{B} - \frac{C}{AB}, \tag{4}$$

où

$$\left\{\begin{array}{l} F(x, y) = \int_0^x \int_0^y f(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta, \quad A = \int_0^a d\alpha(s), \quad B = \int_0^b d\beta(s), \quad AB \neq 0, \\ f_1(x) = f(x) - \int_0^a F(x, s)\, d\alpha(s), \qquad g_1(y) = g(y) - \int_0^b F(s, y)\, d\beta(s), \\ C = \int_0^a g_1(t)\, d\alpha(t) = \int_0^b f_1(t)\, d\beta(t), \end{array}\right. \tag{5}$$

la dernière relation étant aussi une condition à satisfaire par les données. En particulier, lorsque l'on considère les conditions homogènes $f(x) \equiv 0$, $g(y) \equiv 0$ et si dans R $|f(x, y)| < M$, on trouve facilement des relations (4) et (5) que :

$$|z(x, y)| < MN\,ab, \qquad \left|\frac{\partial z}{\partial x}\right| < M\left(1 + \frac{V_\alpha}{|A|}\right)a, \qquad \left|\frac{\partial z}{\partial y}\right| < M\left(1 + \frac{V_\beta}{|B|}\right)b \tag{6}$$

avec

$$N = 1 + \frac{V_\alpha}{|A|} + \frac{V_\beta}{|B|} + \frac{V_\alpha V_\beta}{|AB|},$$

V_α, V_β étant les variations totales de $\alpha(s)$ et $\beta(s)$ dans (o, a) et (o, b). A l'aide de ces limitations, on arrive facilement à montrer que l'équation (1) admet une solution unique dans R satisfaisant aux conditions (3), si λ est suffisamment petit.

3. *Généralisation du problème de MM. Picard et Goursat.* — Cherchons une solution de l'équation (2) qui, dans un angle contenu dans xOy, satisfasse

aux conditions

$$(7)\quad \begin{cases} z(t\cos\alpha,\ t\sin\alpha)+\displaystyle\int_\alpha^\beta z(t\cos\theta,\ t\sin\theta)\,p(\theta)\,d\theta=f(t)\\ z(t\cos\beta,\ t\sin\beta)+\displaystyle\int_\alpha^\beta z(t\cos\theta,\ t\sin\theta)\,q(\theta)\,d\theta=g(t)\end{cases}\qquad \left(0\leqq\alpha<\beta\leqq\frac{\pi}{2}\right),$$

$p(\theta)$, $q(\theta)$, $f(t)$, $g(t)$ étant des fonctions données. On arrive pour déterminer $z(x,y)=\varphi(x)+\psi(y)+F(x,y)$ à un système d'équation fonctionnelle de la forme suivante :

$$(8)\quad \begin{cases} \varphi(at)+\psi(a't)+\mu\displaystyle\int_\alpha^\beta[\varphi(t\cos\theta)+\psi(t\sin\theta)]p(\theta)\,d\theta=f_1(t),\\ \varphi(bt)+\psi(b't)+\mu\displaystyle\int_\alpha^\beta[\varphi(t\cos\theta)+\psi(t\sin\theta)]q(\theta)\,d\theta=g_1(t)\end{cases}$$

avec

$$\mu=1,\qquad a=\cos\alpha,\qquad a'=\sin\alpha;\qquad b=\cos\beta;\qquad b'=\sin\beta.$$

On arrive à montrer, à l'aide des approximations successives, l'existence d'une solution pour le système (8), convergente pour $\mu=1$ si

$$2A(\beta-\alpha)\leqq\sin(\beta-\alpha)\sin(\beta+\alpha),$$

où $A\geqq 2|p(\theta)|$, $2|q(\theta)|$ et en supposant que $f_1(t)$ et $g_1(t)$ nulles pour $t=0$ satisfont autour de l'origine à une condition Lipschitz d'ordre deux, ce qui a bien lieu dans le cas des conditions homogènes $[f(t)\equiv 0;\ g(t)\equiv 0]$. On montre ensuite que, dans ce cas, on a pour la solution cherchée

$$|z(x,y)|<M(xy+N_1x^2+N_2y^2),$$

et dans un carré de côté r, on obtient

$$|z(x,y)|<MNr^2;\qquad \left|\frac{\partial z}{\partial x}\right|,\quad \left|\frac{\partial z}{\partial y}\right|<MPr;$$

N, P étant deux constantes et $M\geqq|f(x,y)|$. Il est facile alors de montrer, à l'aide des approximations successives, que l'équation (1) admet pour λ suffisamment petit et dans les mêmes conditions que pour le problème préliminaire une solution satisfaisant aux conditions (7). Si $p(\theta)\equiv q(\theta)\equiv 0$ on a le problème de M. Goursat ou de M. Picard selon que $\alpha>0$ ou $\alpha=0$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques théorèmes sur les séries orthogonales.* Note de M. **W. Orlicz**, présentée par M. Élie Cartan.

Je vais généraliser et démontrer d'une façon bien simple un lemme que j'ai publié dans les *Comptes rendus* (194, séance du 11 janvier 1932, p. 159) et qui possède des applications dans la théorie des séries orthogonales [1].

Théorème I. — *Soit* $\mathfrak{M}[|u|]$ *une fonction définie dans* $(<0, \infty)$, *continue non décroissante et telle que*

$$\mathfrak{M}[0]=0, \qquad \mathfrak{M}[|u|]>0 \quad \textit{pour } |u|>0, \qquad \lim_{|u|\to\infty}\mathfrak{M}[|u|]=+\infty.$$

1° *S'il existe, pour une suite* $\{f_n(x)\}$ *de fonctions mesurables, une constante* $K>0$ *telle que, pour des indices quelconques* $n_1, n_2, \ldots, n_r$ $(n_i \neq n_j)$, *on ait*

$$(1) \qquad \int_0^1 \mathfrak{M}[|f_{n_1}(x)+f_{n_2}(x)+\ldots+f_{n_r}(x)|]\,dx \geqq K,$$

la série

$$(2) \qquad \sum_{n=1}^{\infty} f_n^2(x)$$

est presque partout convergente.

2° *Lorsque la fonction* $\mathfrak{M}[|u|]$ *jouit en outre de la propriété* (Δ) :

$$\mathfrak{M}[|2u|] \leqq \mathfrak{L}\mathfrak{M}[|u|] \qquad \textit{pour } |u|>u_0,$$

il existe une fonction $f(x)$ *pour laquelle la relation*

$$\lim_{n\to\infty}\int_0^1 \mathfrak{M}[|f_1(x)+f_2(x)+\ldots+f_n(x)-f(x)|]\,dx=0$$

est remplie et l'intégrale $\int_0^1 \mathfrak{M}[|f(x)|]\,dx$ *est finie.*

Démonstration. — Si la série $\sum_{n=1}^{\infty} f_n^2(x)$ n'est pas presque partout convergente il existe, d'après le théorème bien connu de M. Egoroff, un ensemble $\mathcal{E}$ dont la mesure $|\mathcal{E}|>0$, sur lequel la série en question diverge uniformé-

[1] Dans l'énoncé de ce lemme au lieu de *divergente*, il faut lire *convergente*.

ment vers $+\infty$. Soient $\{\alpha_i\}$ une suite numérique telle que $\alpha_i > i^2$,

$$\sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{\mathfrak{M}[\alpha_i]} < \frac{\mathcal{E}}{4\mathcal{K}}$$

et $\{p_i\}$ une suite d'indices telle que

$$(3) \qquad \sum_{n=p_{i-1}+1}^{p_i} f_n^2(x) > \alpha_i^4, \quad x \varepsilon \mathcal{E},$$

$\varepsilon_n(t)$ étant une fonction qui n'admet que les valeurs 0, 1; on a d'après (1) :

$$(4) \qquad \int_0^1 \int_0^1 \mathfrak{M}\left[\left|\sum_{n=p_{i-1}+1}^{p_i} \varepsilon_n(t) f_n(x)\right|\right] dx\, dt \leqq \mathcal{K}.$$

Posons pour abréger

$$(5) \qquad \Phi_i(x, t) = \sum_{n=p'_{i-1}+1}^{p_i} \varepsilon_n(t) f_n(x)$$

et considérons l'ensemble $\mathfrak{A}_i$ des points (x, t) pour lesquels l'inégalité $|\Phi_i(x, t)|/\alpha_i \geqq 1$ est vérifiée. D'après (4) on obtient

$$\mathcal{K} \geqq \int\int_{\mathfrak{A}_i} \mathfrak{M}\left[\left|\alpha_i \frac{\Phi_i(x, t)}{\alpha_i}\right|\right] dx\, dt \geqq |\mathfrak{A}_i|\, \mathfrak{M}(\alpha_i),$$

d'où l'on conclut que la mesure de l'ensemble $\mathfrak{A} = \sum_{i=1}^{\infty} \mathfrak{A}_i$ est $< |\mathcal{E}|/4$. Si un point (x, t) appartient à l'ensemble CA, la série $\sum_{i=1}^{\infty} \Phi_i(x, t)/\alpha_i^2$ est convergente. Soient $\{\psi_i(t)\}$ les fonctions du système orthogonal de M. Rademacher (¹), (elles n'admettent que les valeurs 1, -1 sauf en un ensemble dénombrable de points). En substituant dans (5) $\varepsilon_i(t) = |\psi_i(t)| + \psi_i(t)/2$ resp. $\bar{\varepsilon}_i(t) = |\psi_i(t)| - \psi_i(t)/2$, on en conclut que la série

$$(6) \qquad \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{\alpha_i^2} \left(\sum_{n=p_{i-1}+1}^{p_i} f_n(x) \psi_n(t) \right)$$

devient convergente dans un ensemble plan de mesure $> 1 - |\mathcal{E}|/2$. En

(¹) H. Rademacher, *Einige Sätze über Reihen von allgemeinen Orthogonalfunktionen* (*Math. Ann.*, 16, 1922, p. 112-138, spéc. p. 130-138).

tenant compte du théorème de M. Fubini, on voit qu'il existe un ensemble $\overline{\mathcal{E}}$ linéaire de mesure $> 1 - |\mathcal{E}|/2$ tel qu'à chaque x appartenant à $\overline{\mathcal{E}}$ correspond un ensemble $\mathcal{F}_x$ de mesure positive tel que pour tout t appartenant à $\mathcal{F}_x$ la série (6) est convergente. De là résulte, d'après un théorème de M. Zygmund ([1]), la convergence de la série $\sum_{i=1}^{\infty} 1/\alpha_i^4 \left(\sum_{n=p_{i-1}+1}^{p_i} f_n^2(x) \right)$ dans l'ensemble $\overline{\mathcal{E}}$; l'ensemble $\mathcal{E}.\overline{\mathcal{E}}$ n'étant pas vide, cela contredit la formule (3). Pour démontrer 2°, il suffit de prouver que

$$\lim_{n \to \infty} \int_0^1 \mathfrak{M}[|f_n(x)|]\, dx = 0.$$

Dans le même ordre d'idées, on peut prouver le théorème suivant :

Théorème II. — *Si, pour des indices arbitraires* $\{n_i\}$ $(n_i \neq n_j)$, *la série* $\sum_{i=1}^{\infty} f_{n_i}(x)$ *est convergente en mesure dans l'ensemble* $\mathcal{E}$, *la série* (2) *converge presque partout dans* $\mathcal{E}$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques propriétés des directions de Borel des fonctions entières d'ordre fini.* Note de Mlle **M. L. Cartwright**, présentée par M. Émile Borel.

$f(z)$ étant une fonction entière d'ordre fini ρ et d'ordre précisé $L\rho(r)$, $\rho_1(r)$ un ordre précisé tel que $r^{\rho_1(r)} = O[r^{\rho(r)}]$, soient

$$\rho_1 = \lim_{r=\infty} \rho_1(r), \qquad h(\theta) = \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\log|f(re^{i\theta})|}{r^{\rho(r)}}, \qquad h_1(\theta) = \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\log|f(re^{i\theta})|}{r^{\rho_1(r)}}.$$

Dans une Note précédente ([2]), j'ai donné des théorèmes établissant des relations entre les propriétés de $h_1(\theta)$ et la position des directions de Borel d'ordre précisé $\rho_1(r)$ de $f(z)$. Le théorème suivant est plus profond que ceux-ci :

Théorème I. — *Si* $h_1(\theta)$ *est fini dans le voisinage de* $\theta = 0$ *et a un maximum au sens large pour* $\theta = 0$, *les deux cas suivants sont seuls possibles :*

([1]) A. Zygmund, *On the convergence of lacunary trigonometric series* (*Fund. Math.*, 16, 1931, p. 90-107, spéc. p. 96-100).

([2]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1889.

1° $\arg z = \frac{1}{2}\pi/\rho_1$ *est une direction de Borel d'ordre* $\rho_1(r)$, *et, pour chaque* $\delta > 0$, *on a*

$$\log|f(re^{i\theta})| \sim h_1(0)\cos\theta\rho_1 . r^{\rho_1(r)}, \tag{1}$$

lorsque $\delta \leqq \theta \leqq \frac{1}{2}\pi/\rho_1 - \delta$, *r parcourant un ensemble de valeurs de densité supérieure* 1;

2° $f(z)$ *admet une direction de Borel d'ordre* $\rho_1(r)$, $\arg z = \gamma$, *telle que* $0 < \gamma < \frac{1}{2}\pi/\rho_1$. *Si, en outre, il existe un nombre* γ' *tel que, pour chaque* $\delta > 0$, (1) *est vérifiée sur un ensemble de valeurs r de densité supérieure* 1 *si* $\delta \leqq \theta \leqq \gamma' - \delta$, *mais ne l'est plus si* $\gamma' - \delta < \theta \leqq \gamma' + \delta$; *alors, pour chaque* $\delta > 0$,

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{n(r, \gamma' - \delta, \gamma' + \delta)}{r^{\rho_1(r)}} = \eta(\delta) > 0,$$

$n(r, \alpha, \beta)$ *désignant le nombre des zéros de* $f(z)$ *pour* $|z| \leqq r$, $\alpha \leqq \arg z \leqq \beta$.

Voici des indications sur le principe de la démonstration. Supposons pour simplifier $\rho_1(r) \equiv \rho$ et soit Γ la région définie par $\eta R \leqq |z| \leqq R$, $\delta \leqq \arg z \leqq \frac{1}{2}\pi/\rho - \delta$, δ et η étant petits et $R \to \infty$. Nous pouvons manifestement écarter le cas où $f(z) - \Pi(z)$ a un grand nombre de zéros dans Γ pour chaque $\Pi(z)$, et s'il n'en est pas ainsi, nous pouvons ramener la démonstration à la considération du cas où $f(z)$ n'a pas de zéros dans Γ. Alors, ou bien $f(z)$ se comporte approximativement dans Γ comme $e^{h(0)z^\rho}$, ou bien $|f(z)|$ est parfois plus grand, parfois plus petit que le module de cette expression. Les cercles de remplissage de $f(z)$ entourent les points de la ligne frontière séparant les régions où $|f(z)|$ est grand de celles où il est relativement petit. Si $f(z)$ se comporte comme $e^{h(0)z^\rho}$, la ligne frontière est $\arg z = \frac{1}{2}\pi/\rho$, mais si $f(z)$ est irrégulier, la frontière traverse $\arg z = \frac{1}{2}\pi/\rho$ et coupe Γ si δ est assez petit. La dernière partie de l'énoncé indique que, si $f(z)$ se comporte comme $e^{h(0)z^\rho}$ dans quelque région, il se comporte comme cette expression dans une région plus grande dans laquelle $f(z)$ a très peu de zéros. Cette méthode fournit également le résultat suivant :

Théorème II. — *Si* $f(z)$ *n'a pas de direction de Borel d'ordre* L *telle que* $|\arg z| \leqq \frac{1}{2}\pi/\rho$, $h(\theta)$ *est égal à* $h(0)\cos\theta\rho$ *pour* $|\theta| \leqq \frac{1}{2}\pi\rho$.

On pourrait croire que lorsque $h(\theta) > h(0)\cos\theta\rho$ pour $\theta > 0$, la première éventualité de l'énoncé I n'est pas réalisée, et que par suite il existe une direction de Borel, $\arg z = \gamma$, pour laquelle $0 < \gamma < \frac{1}{2}\pi/\rho$. Mais il n'en est rien. *Il existe une fonction d'ordre* 1 *et du type* 1 *telle que* $h(\theta) = 1$ pour $0 \leqq \theta \leqq \frac{1}{2}\pi$ *et telle que* $f(z)$ *n'a pas de ligne de Julia, et* a fortiori *pas de direction de Borel, pour laquelle* $0 < \arg z < \frac{1}{2}\pi$. Car, soient a_1, a_2, ...

les zéros de $f(z)$, $a_1 = 1$, $a_n = n \log n$, et

$$S(r)e^{i\psi(r)} = \sum_{|a_n| \leq r} \frac{1}{a_n}.$$

Comme $|a_n| \to \infty$ et $\Sigma 1/|a_n|$ diverge, on peut placer les zéros sur les axes réel et imaginaire, dans les deux sens, de telle façon que, r tendant vers ∞, $S(r)$ tende vers 1 et $\psi(r)$ oscille entre 0 et $-\frac{1}{2}\pi$. Il suit alors du théorème V d'un de mes Mémoires antérieurs (¹) que, lorsque $r \to \infty$, on a uniformément pour tout $\delta > 0$ et

$$\log|f(re^{i\theta})| \sim S(r)\cos[\psi(r) + \theta].r.$$

Le résultat annoncé découle alors de ce que $\cos[\psi(r) + \theta] > 0$ pour $\delta \leq \theta \leq \frac{1}{2}\pi - \delta$.

En modifiant convenablement cette construction, on peut obtenir des exemples relatifs à un ordre quelconque et à d'autres valeurs de $h(\theta)$.

HYDRODYNAMIQUE. — *Formes intrinsèques des lois du mouvement plan (mouvement permanent).* Note de M. **Pierre-Ernest Mercier**, présentée par M. Paul Painlevé.

L'ensemble des filets et de leurs trajectoires constitue un réseau curviligne orthogonal. En chaque point du réseau on peut définir la valeur Ψ de la courbure du filet au point considéré, et la courbure Φ de la trajectoire orthogonale.

On peut exprimer très simplement en fonction de Ψ et Φ, et de leurs dérivées partielles au voisinage du point le long d'éléments d'arc de filets ds_1 et de trajectoire ds_2, les lois de l'hydraulique avec et sans effort visqueux.

En effet, l'accélération normale s'écrit

$$J_n = -V^2\Psi; \qquad (1)$$

l'accélération tangentielle $J_t = -v^2\Phi$ avec des conventions de signe convenables. Ces expressions sont parfaitement symétriques. La condition d'orthogonalité des filets et des trajectoires a pour expression particulière

(¹) M. L. Cartwright, *Proc. London Math. Soc.*, 2ᵉ série, 33, 1931, p. 209-225.

dans ce système

$$\Phi^2 + \Psi^2 + \frac{\partial \Psi}{\partial s_2} + \frac{\partial \Phi}{\partial s_1} = 0. \tag{2}$$

En désignant par $\mu \Delta u$ la composante de l'effort visqueux suivant la vitesse, et par $\mu \Delta v$ suivant la normale à la vitesse (Δu et Δv étant égaux au laplacien de la vitesse suivant la théorie classique), on démontre facilement que

$$\Delta u = -V\left(\Phi^2 + \frac{\partial \Phi}{\partial s_1}\right) + \frac{\partial^2 V}{\partial s_2^2} - \Psi\left(\Psi V - \frac{\partial V}{\partial s_2}\right),$$

$$\Delta v = \frac{\partial (\Phi V)}{\partial s_2} - \frac{\partial (\Psi V)}{\partial s_1}.$$

En utilisant la relation (2) et en remarquant que $-\Phi v = \partial v / \partial s_1$ d'après la continuité de l'écoulement, on en déduit de nouvelles expressions de Δu et Δv :

$$\left\{\begin{aligned} \Delta u &= \frac{\partial (g + \omega)}{\partial s_1}, \\ \Delta v &= -\frac{\partial (g + \omega)}{\partial s_2}, \end{aligned}\right. \tag{3}$$

où $g = \partial v / \partial s_2 =$ le glissement simple, et $\omega = \Psi V =$ vitesse angulaire de la particule fluide au point considéré.

Cette dernière forme permet l'analyse au point de vue physique des expressions classiques des efforts visqueux.

On ne peut cependant les intégrer sans quelques précautions, en effet dans un tel réseau, on peut considérer les courbes Ψ et Φ en chaque point comme fonctions d'une abscisse et d'une ordonnée curviligne x et y définies par l'intersection du filet et de la trajectoire passant par le point et de deux courbes particulières du réseau convenablement orientées, servant de courbes de référence; mais les arcs s_1 et s_2 figurant les distances curvilignes d'un point quelconque aux courbes de références ne sont plus respectivement égales aux abscisses et ordonnées x et y, comme dans une représentation quelconque en axe oblique. Lorsqu'on suit un filet, ou une trajectoire, ces distances varient simultanément, ce qui s'oppose à l'intégration des équations différentielles obtenues précédemment. On est alors amené à introduire les expressions $\partial s_1 / \partial x = u$, $\partial s_2 / \partial y = v$, elles permettent de définir les courbures rapportées aux arcs, Ψ' et Φ', qui sont telles que

$$\Psi \, ds_1 = \Psi' \, dx, \qquad \Phi \, ds_2 = \Phi' \, dy,$$

d'où

$$\Psi' = \Psi u, \qquad \Phi' = \Phi v.$$

On en déduit aisément de la définition commune de Ψ et Φ que

$$(4)\qquad \frac{\partial u}{\partial y}=\Psi' v, \qquad \frac{\partial v}{\partial x}=\Phi' u.$$

La condition d'orthogonalité lorsqu'on fait intervenir les nouvelles fonctions Ψ' et Φ' s'écrit très simplement $\partial\Psi'/\partial y+\partial\Phi'/\partial x=0$ qui est satisfaite lorsque

$$\Psi'=\frac{\partial A}{\partial x}, \qquad \Phi'=-\frac{\partial A}{\partial y},$$

A est le potentiel de courbure du réseau, et $|\partial A/\partial x|_{y=0}$ et $-|\partial A/\partial y|_{x=0}$ sont les équations intrinsèques de ses courbes de référence.

On montrerait également que les équations de l'hydraulique non visqueuse peuvent s'exprimer très simplement en fonction de A et du rapport $t=v/u$. La seule difficulté qui s'oppose à l'application de cette méthode de représentation est que la fonction t ne s'exprime pas aisément en fonction de A : en effet le système (4) est équivalent à

$$\operatorname{Log} t=\int_0^y \frac{\partial A}{\partial x}\, t\, dy+\int_0^x \frac{\partial A}{\partial y}\, \frac{1}{t}\, dx.$$

ASTROPHYSIQUE. — *A propos du rôle de la rotation des particules matérielles dans l'évolution de l'univers.* Note de M. **Emile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Dans une Note récente, nous avons montré qu'une particule hypersphérique, de rayon R, comportait une énergie potentielle $2/3\, e^2/\rho$, ρ étant le rayon de la petite calotte suivant laquelle la particule est en contact avec l'éther[1]. En étudiant l'évolution de l'univers, nous nous sommes trouvé amené à conclure que ρ croissait avec le temps; l'énergie potentielle va donc en diminuant et, comme elle ne peut pas passer directement à l'éther, il est indispensable que de l'énergie cinétique lui soit associée pour que l'évolution soit possible.

La rotation la plus générale de la particule peut se décomposer en un pivotement, par rapport à la calotte, et en une rotation qui fait décrire à celle-ci un grand cercle de l'hypersphère. D'ailleurs, étant donnée la peti-

---

(1) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1116.

tesse du rapport ρ/R, soit $2/136,933 \times 3\sqrt{3} = 1/356$, au pivotement correspond pratiquement une rotation, de vitesse angulaire ω, d'une sphère de rayon ρ autour de l'un de ses diamètres.

Désignons par W_1, C_1 et M_1 l'énergie, le moment cinétique et le moment magnétique en rapport avec le pivotement. Nous utiliserons les résultats acquis dans notre dernière Note et nous nous souviendrons en particulier que, dans la sphère en cause, l'énergie potentielle vaut $1/6\,e^2/\rho$ et a pour densité $e^2/8\,\pi\rho^4$; cette énergie n'est d'ailleurs autre que celle de la pression, uniformément répartie, qui applique la particule sur l'éther. Nous allons écrire qu'il y a équipartition entre l'énergie potentielle et l'énergie cinétique, ce qui peut se rattacher à la loi généralisée de M. Bohr, et nous aurons soin, pour des raisons analogues à celles que nous avons déjà données, d'affecter la masse du coefficient R^2/r^2 à la distance r du centre; nous pourrons ainsi calculer la vitesse angulaire

$$W_1 = \frac{1}{8}\,\frac{e^2\omega^2 R^2}{c^2\rho^4}\int_0^\rho\int_0^\pi r^2 \sin^3\theta\,dr\,d\theta = \frac{1}{18}\,\frac{e^2\omega^2 R^2}{c^2\rho} = \frac{1}{6}\,\frac{e^2}{\rho},$$

d'où, en tenant compte de ce que $c\tau_0 = 2\pi R/\sqrt{3}$, $\omega = 2\pi/\tau_0$. La période du pivotement est donc égale à la période d'oscillation de la particule et il vient :

$$C_1 = \frac{1}{4}\,\frac{e^2\omega R^2}{c^2\rho^4}\int_0^\rho\int_0^\pi r^2\sin^3\theta\,dr\,d\theta$$

$$= \frac{1}{9}\,\frac{e^2\omega R^2}{c^2\rho} = \frac{2}{9}\,\frac{\pi e^2 R^2}{c^2\tau_0\rho} = \frac{1}{6}\,\frac{e^2\tau_0}{\pi\rho} = \frac{1}{2}\,\frac{m_0 c^2\tau_0}{2\pi} = \frac{1}{2}\,\frac{h}{2\pi},$$

$$M_1 = \frac{1}{2}\,\frac{e\pi\rho^2}{c\tau_0}\int_0^\pi \sin^3\theta\,d\theta$$

$$= \frac{2}{3}\,\frac{e\pi\rho^2}{c\tau_0} = 2\,\frac{\rho^2}{R^2}\,\frac{eh}{4\pi m_0 c} = \frac{2}{356^2}\,\frac{eh}{4\pi m_0 c}.$$

Ces moments sont tous deux dirigés suivant l'axe de rotation et leurs sens sont opposés.

Déterminons maintenant l'énergie W_2, le moment cinétique C_2 et le moment magnétique M_2 qui correspondent à la rotation suivant un grand cercle de l'hypersphère. Nous poserons que la vitesse angulaire à considérer ω' vaut $2\pi/3\tau_0$, parce que, rapprochée de $\omega = 2\pi/\tau_0$, cette grandeur conduit aux concordances les plus simples, à celles-là mêmes que nous avons déjà rencontrées dans l'interprétation du doublet de la série de Balmer; il est encore à noter que nous pouvons justifier qu'en l'espèce la masse n'est

à affecter d'aucun coefficient, bien que la vitesse périphérique atteigne $c/\sqrt{3}$, et, dans ces conditions,

$$W_2 = \frac{1}{2}\,\frac{2}{3}\,\frac{e^2}{c^2\rho}\,\omega'^2 R^2 = \frac{1}{3}\,\frac{e^2}{c^2\rho}\,\frac{4\pi^2}{9\tau_0^2}\,R^2 = \frac{1}{9}\,\frac{e^2}{\rho},$$

$$C_2 = \frac{2}{3}\,\frac{e^2}{c^2\rho}\,\omega' R^2 = \frac{2}{3}\,\frac{e^2}{c^2\rho}\,\frac{2\pi}{3\tau_0}\,R^2 = \frac{1}{3}\,\frac{e^2\tau_0}{\pi\rho} = \frac{m_0 c^2\tau_0}{2\pi} = \frac{h}{2\pi},$$

$$M_2 = e\,\frac{\pi R^2}{3c\tau_0} = e\,\frac{\pi R^2 c\tau_0}{3c^2\tau_0^2} = e\,\frac{m_0 c^2\tau_0}{4\pi m_0 c} = \frac{eh}{4\pi m_0 c}.$$

Les moments C_2 et M_2 sont encore dirigés suivant une même droite, mais ils ont même sens.

Le moment M_2 oriente M_1, de telle sorte que C_1 est à retrancher de C_2 et, la grandeur de M_1 étant négligeable par rapport à celle de M_2, il reste finalement un moment cinétique et un moment magnétique qui valent respectivement :

$$\frac{1}{2}\,\frac{h}{2\pi} \quad \text{et} \quad \frac{eh}{4\pi m_0 c}.$$

Ainsi se trouve expliquée ce qu'on a appelé l'*anomalie du spin*.

Ajoutons que les résultats ci-dessus, rapprochés de ceux que nous avons antérieurement publiés, sur l'origine et la nature de l'onde électronique, permettent de rendre entièrement compte des faits positifs et négatifs, touchant la polarisation, qui ont été enregistrés dans la réflexion et la diffraction des électrons par les cristaux. Au cours de récentes recherches, M. Rupp a, en particulier, décelé expérimentalement le moment magnétique de l'électron ([1]).

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur les cristaux très minces à contours curvilignes.* Note de M. **Lew Kowarski**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans son Mémoire sur les stratifications liquides ([2]) M. Jean Perrin constate que les lames d'eau de savon sont constituées par la superposition de feuillets plats très minces dont les contours libres sont circulaires et qui représentent ainsi une transition entre l'état amorphe et l'état polyédrique.

En observant les cristaux très minces, formés par sublimation, de cer-

([1]) *Phys. Zeitsch.*, 33, 1932, IV, p. 158-164.
([2]) *Ann. de Phys.*, 9e série, 10, 1918, p. 160.

taines substances organiques (dont la paratoluidine) j'ai constaté que leurs contours sont *en partie* curvilignes. Le mode opératoire pour l'obtention de ces cristaux a été indiqué par M. A. Marcelin et Mlle S. Boudin (¹) : la substance est placée dans une cuvette chauffée et les vapeurs se condensent sur une lame de rasoir. On observe la lame au microscope et, comme les feuillets cristallins ainsi obtenus ont une épaisseur de l'ordre de 1 μ, ils présentent des couleurs d'interférence. On peut ainsi suivre leur évolution aussi bien dans le plan de l'image que dans l'épaisseur.

J'ai modifié légèrement l'appareil et les conditions d'expérience de façon à obtenir des contours à courbes très marquées. On voit les cristaux de paratoluidine se former dans le prolongement de la lame, croître, puis décroître et finalement disparaître, le tout dans l'espace de 20 minutes à 1 heure suivant l'intensité de la lumière éclairante. Cette évolution se compose de trois phénomènes distincts : 1° augmentation, puis diminution de la surface; 2° croissance, puis décroissance en épaisseur (visible sous forme de changements de couleur); 3° évolution de la forme du contour.

Ces trois aspects de l'évolution paraissent presque indépendants. Un feuillet peut, par exemple, pendant quelques dizaines de secondes, changer de couleur sans subir aucune variation en surface; au contraire, un feuillet peut augmenter sa surface pendant plusieurs minutes tout en restant de même couleur et sans que la forme de son contour varie.

Ce dernier cas est particulièrement intéressant. Le contour reste semblable à lui-même et le centre d'homothétie est le point d'attache du cristal, soit à la lame, soit à un autre cristal. Le feuillet croît comme un stalactite ou comme un ballon en train d'être gonflé, à cette différence près, que la croissance du feuillet se passe dans deux dimensions.

L'évolution de la *forme* du contour obéit toujours aux règles suivantes :

Pendant la croissance : a. La proportion des parties curvilignes dans le périmètre total est en diminution constante.

b. Deux arêtes, parallèles entre elles, occupent une place proportionnellement de plus en plus grande. Par conséquent le cristal s'allonge.

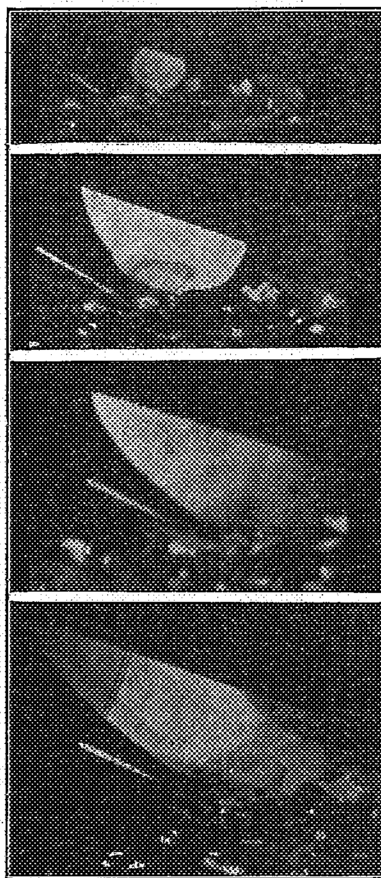
Pendant la décroissance : c. Le cristal continue à s'allonger.

d. De ce fait, la proportion des parties curvilignes continue à décroître, mais un nouveau phénomène apparaît, *l'érosion*, qui ronge localement les arêtes et qui détruit ainsi les lignes droites.

(¹) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1496, et 191, 1930, p. 31; voir aussi *Journ. Chim. Phys.*, 28, 1931, p. 605.

Si l'on fait abstraction de l'érosion, on peut dire que pendant la décroissance le contour évolue dans le même sens que pendant la croissance.

On sait qu'un élément de structure cristalline (plan ou arête) se développe



Quatre phases dans la croissance d'un cristal de paratoluidine.
Grossissement environ 100 diamètres. Intervalles entre les prises de vues : 2', 2' 1/2, 3' 1/2.

d'autant plus rapidement en étendue que sa croissance dans la direction de la normale est plus lente. L'évolution du contour serait donc due à un retard de la croissance, retard qui s'exerce suivant certains plans et qui est *l'unique manifestation de l'anisotropie dans la croissance.* L'évolution du contour peut être plus ou moins lente et, pendant les périodes de croissance homothétique, elle est nulle. L'anisotropie peut donc se manifester avec plus ou moins d'intensité et même s'éteindre temporairement.

Conclusions. — 1° La forme entièrement polyédrique n'est pas un

attribut nécessaire de l'état cristallin; elle n'est que le terme ultime d'une évolution individuelle. Certaines substances dans certaines conditions peuvent présenter des surfaces courbes dans les individus dont les dimensions linéaires vont jusqu'à 1^{mm}.

2° L'évolution spontanée de ces individus conduit toujours à la disparition des éléments courbes et à l'augmentation de la disproportion entre leurs dimensions.

3° La décroissance n'est pas le renversement exact de la croissance. L'évolution du contour est irréversible.

4° L'anisotropie qui se manifeste dans la croissance et dans la décroissance intervient sporadiquement; elle varie d'un moment à l'autre et d'un individu à l'autre. Ses interventions *semblent être régies par le hasard*.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Surfaces et volumes moléculaires dans les solutions superficielles.* Note de M. **D. G. Dervichian**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans les premiers travaux sur les couches monomoléculaires, on a cherché à déterminer l'épaisseur de celles-ci en déposant un volume connu de substance à la surface de l'eau et en mesurant ce que l'on appelait à tort la surface d'extension maxima.

M. Marcelin, étudiant l'acide oléique, décela, en comprimant la couche monomoléculaire, l'existence d'un palier supérieur dans la courbe des pressions en fonction de la surface. A cette pression constante (*pression de saturation*), le film se trouvait en équilibre avec les gouttes d'acide en excès. M. Marcelin émit l'hypothèse que les molécules, dressées verticalement à la surface, étaient juxtaposées au moment où la pression de saturation est atteinte. C'est en utilisant cette nouvelle surface de saturation s dans la relation $l = v/s$ qu'on devrait trouver la *longueur* des molécules. M. Marcelin signalait également l'extension illimitée des couches monomoléculaires au delà du point dit d'extension maxima ([1]).

Les courbes de détente illimitée, telles qu'elles ont été complétées par les travaux récents ([2]), montrent une analogie frappante avec celles des iso-

([1]) Pour l'historique et la bibliographie, voir André Marcelin, *Solutions superficielles* (*Recueil des Conférences-rapports*). Presses Universitaires de France, 1931.

([2]) Adam et Jessop, *Proc. Roy. Soc.*, A, **110**, 1926, p. 423; J. Guastalla, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 241.

thermes d'Andrews. Après le point de saturation, la courbe descend une pente raide, présente ensuite un palier, au bout duquel elle commence à prendre l'allure de celle des gaz, en tendant asymptotiquement vers la branche d'hyperbole idéale des gaz parfaits. L'équation $PS = RT$ lui est alors applicable avec la même constante R que pour les gaz. S étant la surface moléculaire : quotient de la surface du film par le nombre de molécules-grammes.

Cette analogie nous a permis de pousser assez loin un parallélisme entre deux états différents de la matière.

J'appellerai états homologues deux états correspondant à des points homologues, d'une part, de la courbe d'Andrews et, d'autre part, de celle représentant l'expansion d'une couche monomoléculaire.

L'état de la substance isotrope, au moment où nous la déposons à la surface de l'eau, est représenté sur la courbe isotherme par le point début du palier. Son abscisse représente un *volume moléculaire*, ou cube statistique moyen d'habitation de chaque molécule de volume $V = M/\mathcal{N}d$ (M = masse moléculaire; d = densité; $\mathcal{N} = 6{,}06 \cdot 10^{23}$).

A ce cube correspond une surface de base $s = (M/Nd)^{2/3}$ et une longueur d'arête, $h = (M/Nd)^{1/3}$, égale à la distance intermoléculaire moyenne [1].

S'il y a parallélisme entre les deux courbes, à des états homologues doivent correspondre des surfaces moléculaires égales.

C'est bien ce que fournit l'expérience pour la trioléine et les acides oléiques et myristiques étudiés par M. Guastalla [2].

	Surfaces moléculaires		Épaisseurs	
		calculées	déduites des mesures	calculées
	σ mesurées.	$\left(\frac{M}{Nd}\right)^{\frac{2}{3}}$.	$\varepsilon = \frac{\rho}{\sigma}$.	$h = \left(\frac{M}{Nd}\right)^{\frac{1}{3}}$.
Acide oléique ($M = 282$)......	60 Å²	64,8 Å²	8,7 Å	8,05 Å
Acide myristique ($M = 228$)...	52	57,6	8,4	7,6
Trioléine ($M = 884$)..........	135	136	11,7	11,7

Les mesures de Devaux (H. Devaux, *Proc.-verb. Soc. Phys. de Bordeaux*, novembre 1903 et avril 1904; *Journ. de Phys.*, septembre 1912) et Labrouste [3] viennent encore confirmer cet accord. Il ressort en effet de

(1) On pourrait tout aussi bien parler de sphère, de surface du grand cercle et de diamètre.

(2) Résultats de mesures non publiés et que M. Guastalla a bien voulu nous communiquer; voir, d'ailleurs, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 241.

(3) H. Labrouste, *Ann. de Phys.*, 9e série, 14, 1920, p. 614.

l'examen de leurs Mémoires que les surfaces dites d'extension maxima correspondent au même point début du palier de la courbe. Ces deux auteurs ont en effet effectué les mesures de surfaces pour des états où la couche modifie sa vitesse d'extension d'une façon discontinue lorsqu'on cesse de lui opposer une pression. Nous appelons ce point : *Point de Vaporisation* par *simple analogie* avec le point homologue de l'isotherme d'Andrews.

Il est à remarquer que les chiffres donnés dans ces Mémoires se rapportent à ce qu'on a appelé épaisseur de la couche : quotient du volume de la substance isotrope déposée par la surface occupée à l'état de film. Ces épaisseurs se rapprochaient beaucoup de la distance intermoléculaire calculée, $h = (M/\mathfrak{N} d)^{1/3}$. (Il est aisé de retrouver à partir de ces données les valeurs des surfaces moléculaires correspondantes : $\sigma = v/\varepsilon$.)

	Mesurés.	Calculés.	
Trioléine ($M = 884$)..........	$\varepsilon = 11$ Å ($\pm 0,5$) (Devaux)	$h = 11,7$	$s = 136$
Trilaurine ($M = 638$).........	$\varepsilon = 10,1$ Å (Labrouste) (¹)	$h = 10,5$	$s = 111$
Trimyristine ($M = 722$).......	$\varepsilon = 12$ Å (Labrouste)	$h = 11$	$s = 120$
Tripalmitine ($M = 806$).......	$\varepsilon = 13,2$ Å (Labrouste)	$h = 11,3$	$s = 129$

Il semble *a priori* (les surfaces variant environ du simple au double entre la saturation et le point de vaporisation) qu'on ne puisse identifier le *volume du film* à celui de la substance isotrope mesuré avant son extension sur l'eau. Pourtant, en admettant cette hypothèse, les résultats se trouvent être vrais. D'une part, pour le point de vaporisation « l'épaisseur » du film et la surface moléculaire correspondent aux dimensions moléculaires dans la substance à trois dimensions. D'autre part, au point de saturation l'épaisseur trouvée se confond avec la longueur des molécules telle qu'elle est fournie par l'étude aux rayons X de ces mêmes substances.

Il semble qu'entre ces deux points la substance se détend tout en gardant le même volume moléculaire moyen.

Au point de vaporisation ces volumes sont à peu près des cubes, au palier supérieur, des prismes verticalement allongés.

(¹) Labrouste prend $d = 0,94$; en prenant $d = 0,9$ (*Tables des constantes*), on trouverait $\varepsilon = 10,5$; h a été calculé avec ce nombre.

OPTIQUE. — *Nouvelles propriétés optiques des liquides soumis à des ondes ultra-sonores.* Note [1] de MM. **R. Lucas** et **P. Biquard**, présentée par M. Jean Perrin.

En vue d'étudier l'influence des ondes ultra-sonores sur les propriétés optiques des liquides nous avons réalisé le montage suivant :

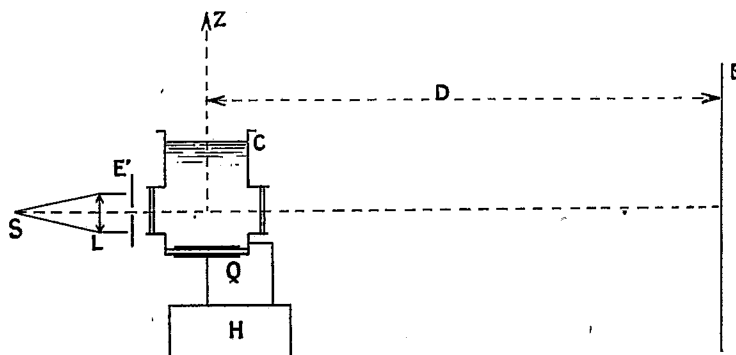


Fig. 1.

S désigne une source de lumière qui fournit à travers la lentille L un faisceau de lumière parallèle, un écran E′ délimite un pinceau étroit (1^{mm} environ) traversant une cuve C à travers deux fenêtres de verre. La cuve C peut être garnie de liquide et porte à sa partie inférieure un quartz piézoélectrique Q susceptible d'émettre sous l'influence d'un oscillateur H de haute fréquence des ultra-sons de fréquence élevée. Dans nos expériences faites avec l'eau cette fréquence pouvait varier de 3 à 15 millions de périodes par seconde. La cuve est orientée de manière à avoir un bon parallélisme entre le plan du faisceau lumineux et la face du quartz Q.

Dans ces conditions, en lumière blanche, on observe de part et d'autre du faisceau central non dévié une série de taches lumineuses sensiblement équidistantes disposées verticalement. Ces taches sont irisées (le rouge étant plus dévié que le bleu). Il est facile de constater, en lumière monochromatique, que ces franges sont équidistantes. L'étalement angulaire global correspond à environ 2° à 3°. L'état de polarisation de la lumière à la sortie de la cuve est le même qu'au moment de l'entrée, comme nous avons pu le constater à l'aide de glazebrooks.

---

[1] Séance du 6 mai 1932

De toute évidence il s'agit d'un phénomène de diffraction comparable à celui fourni par un réseau plan attaqué sous une incidence normale.

A titre d'exemple, l'écran E étant à la distance $D = 2^m,9$ de la cuve et

Fréquence 15.10⁶.

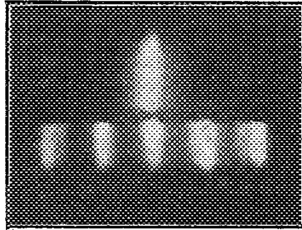


Fig. 2.

Fréquence 11,7.10⁶.

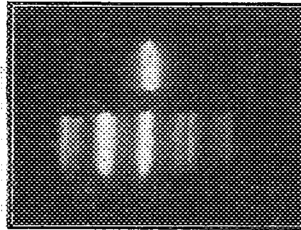


Fig. 3.

Fréquence 7,95.10⁶.

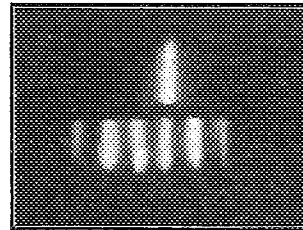


Fig. 4.

pour les fréquences ultra-sonores $1,17.10^7$ et $1,5.10^7$ sec^{-1} les interfranges observés avec l'eau à 18°C. et en lumière bleue (4000 Å environ) sont respectivement de $8^{mm},75$ et $11^{mm},5$.

L'interprétation théorique de ces phénomènes peut être fixée assez facilement en première analyse. Le milieu soumis aux ultra-sons présente une distribution de pression de la forme

$$p = p_0 + \delta p \sin \frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{z}{V}\right),$$

t désignant le temps, p_0 la pression moyenne, z l'abscisse verticale, δp l'amplitude de pression et T la période de l'onde ultra-sonore.

A cette distribution correspond une répartition d'indice n de réfraction du milieu de même forme :

$$n = n_0 + \delta n \sin \frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{z}{V}\right),$$

n_0 désignant l'indice moyen et δn l'amplitude de variation d'indice.

On peut voir (pour des amplitudes de pression de l'ordre de l'atmosphère et pour l'eau) qu'en raison de la valeur relativement grande du gradient de réfringence, le milieu agira fortement sur la marche des rayons lumineux.

A l'instant t, et en l'absence d'ondes stationnaires, le liquide est analogue à un réseau dont le pas est égal à la longueur d'onde des ultra-sons. La propagation de ceux-ci (à très faible vitesse vis-à-vis de celle de la lumière) ne modifie pas, en première approximation, la répartition des maxima de lumière. Si α désigne l'écart angulaire du faisceau il y aura maximum de

lumière pour les valeurs de α vérifiant la relation

$$\sin \alpha = p \frac{\lambda_1}{\lambda_2},$$

λ_1 désignant la longueur d'onde de la lumière dans l'air et λ_2 la longueur d'onde des ultra-sons dans le liquide, p l'ordre d'interférence.

Les valeurs expérimentales indiquées plus haut sont en accord satisfaisant avec cette relation.

De nouvelles expériences sont en cours pour étudier d'autres substances dans diverses conditions acoustiques.

Les figures 2, 3 et 4 représentent les radiations diffractées. Dans le haut de chaque figure on voit la tache centrale non déviée en l'absence d'ultra-sons.

EFFET RAMAN. — *Règles de polarisation des raies Raman dans les cristaux.* Note de M. JEAN CABANNES, présentée par M. Ch. Fabry.

I. Dans une Note antérieure [1] nous avons donné, Mlle D. Osborne et moi, une explication sommaire de la *dépolarisation anomale* de certaines raies Raman dans les cristaux. Pour préciser cette théorie, je supposerai la réfractivité du cristal définie par un tenseur symétrique $[\alpha]$ que font varier les oscillations des noyaux atomiques. A chaque coordonnée normale q correspondent deux raies Raman qui dépendent du tenseur dérivé $[\partial\alpha/\partial q]_0$ comme la raie non déplacée dépend du tenseur $[\alpha]_0$ relatif à la position d'équilibre des noyaux. Les règles d'intensité et de polarisation des raies Raman font donc intervenir, comme celles de la raie non déplacée, trois directions principales et trois réfractivités principales. La différence entre une raie Raman et la raie non déplacée vient essentiellement de ce que *les trois réfractivités principales relatives à la raie Raman n'ont pas forcément le même signe*, tandis que celles relatives à la raie non déplacée sont toutes positives [2]. En d'autres termes, au tenseur $[\alpha]_0$ est toujours lié un ellipsoïde E; au contraire la quadrique H liée au tenseur dérivé peut être un hyperboloïde ou un cylindre hyperbolique [3]. Si l'on

---

[1] *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1410.

[2] Il en résulte que la raie non déplacée d'un gaz ne peut pas avoir une dépolarisation supérieure à 1/2, tandis que la dépolarisation des raies Raman peut atteindre 6/7.

[3] C'est par inadvertance que Placzek (*Leipziger Vorträge*, 1931, p. 75) a écrit : « Ebenso wie α, ist auch die Grösse $(\Delta\alpha)_{\nu\rho}$ ein symmetrischer Tensor und kann ebenfalls durch ein Ellipsoid veranschaulicht werden. »

cherche à construire le moment induit par une vibration rectiligne, on voit que, *lorsque les réfractivités principales n'ont pas le même signe, le moment induit et la vibration excitatrice ne sont pas orientés dans le même quadrant par rapport aux directions principales*. En particulier le moment induit peut être à 90° de la vibration excitatrice.

II. Soit un cristal dont la maille contient *s* noyaux, on peut lui associer [1] un système de *s* points possédant les éléments de symétrie du groupe fini isomorphe du cristal et dont les oscillations sont, par rapport à ces éléments, du même type que les oscillations du cristal. Supposons, pour fixer les idées, que ce système de points admette un axe binaire L_2 et un plan de symétrie P normal à l'axe. Les fréquences des oscillations symétriques par rapport à un de ces éléments et antisymétriques par rapport à l'autre sont interdites dans les spectres de diffusion. Restent donc les raies qui correspondent à des oscillations symétriques ou antisymétriques par rapport à l'ensemble (L_2, P).

1° *Raies symétriques*. — Pendant l'oscillation, l'ellipsoïde E conserve ses directions principales, qui sont aussi celles de la quadrique H. La quadrique H a donc une de ses directions principales suivant l'axe binaire L_2. Il en résulte que, *si la vibration excitatrice est parallèle à l'axe binaire L_2, la raie Raman observée dans une direction quelconque du plan P est complètement polarisée avec $\rho = 0$*.

2° *Raies antisymétriques*. — L'ellipsoïde E oscille sans déformation autour d'une droite du plan P. Dans ce cas la quadrique H est un cylindre hyperbolique dont les plans asymptotes sont l'un perpendiculaire, l'autre parallèle à L_2. Leur intersection Δ est une des directions principales de H, les deux autres étant normales à Δ et inclinées à 45° sur L_2. Il en résulte que, *si la raie excitatrice est parallèle à l'axe binaire L_2, la raie Raman observée dans une direction quelconque du plan P est complètement polarisée avec $\rho = \infty$*.

III. Il devient alors facile de classer les raies Raman d'un cristal du type C_{2h}. On oriente l'axe binaire perpendiculairement au plan des deux rayons incident et diffusé; on polarise la lumière incidente de sorte que la vibration excitatrice soit parallèle à l'axe, et l'on analyse la lumière diffusée avec un biréfringent et un spectrographe. L'un des spectres contient les raies symétriques; l'autre, les raies antisymétriques. D'une manière générale, *lorsque la vibration excitatrice est parallèle à un axe de symétrie d'un cristal quelconque et qu'on observe la lumière diffusée dans un plan perpendi-*

(1) C. J. Brester, *Zeitschrift für Physik*., **24**, 1924, p. 337.

culaire, la dépolarisation est nulle pour les raies symétriques par rapport à l'axe, infinie pour les raies antisymétriques ou dégénérées (1). Le problème se simplifie dans le cas d'un ion (CO^3, SO^4) dont les mouvements internes sont, en première approximation, indépendants des liaisons extérieures. On s'explique ainsi que, dans la calcite, la raie symétrique de l'ion CO^3 1087 donne $\rho = 0$; les raies dégénérées (2) 712 et 1437, $\rho = \infty$. Ce résultat expérimental était en désaccord avec la théorie de Mandslatam. Landsberg et Leontowitsch (3).

POLARISATION ROTATOIRE. — *Influence de la température sur la dispersion rotatoire naturelle et magnétique de trois pinènes.* Note de M. **Constantin Salceanu**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons entrepris, avec le dispositif décrit dans une Note antérieure (4), l'étude de la dispersion rotatoire naturelle et magnétique, en fonction de la température, de 3 pinènes, à savoir : le β-pinène gauche (Landes), l'α-pinène gauche (Landes) et l'α-pinène droit (essence d'Alep). Les trois corps ont été redistillés et les fractions suivantes ont été utilisées : pour le β-pinène la fraction passant entre 162°,5 et 163°,5; pour l'α-pinène (gauche) entre 154°,5 et 155°,5, et pour l'essence d'Alep entre 153° et 155°.

Le tableau suivant montre les résultats de cette étude. Les rotations naturelles spécifiques sont données pour les trois raies du mercure ($578^{m\mu}$, $546^{m\mu}$ et $436^{m\mu}$) par $[\alpha_j]$, $[\alpha_v]$ et $[\alpha_i]$; les rotations magnétiques par ω_j, ω_v, et ω_i. Les dispersions des rotations naturelles et magnétiques sont données par les rapports α_v/α_j, α_i/α_j et ω_v/ω_j, ω_i/ω_j. Dans le champ la même cuve (3^{cm},02 longueur) remplie d'eau à 20° donnait une rotation $\omega_j = 8°,17$.

(1) On voit ici comment doit être interprété ce que nous avions appelé, Mlle D. Osborne et moi, dans la Note citée plus haut, une double transition du type 3. Une telle transition nous avait paru à tort, à ce moment-là, difficile à admettre dans le cas des raies d'oscillation.

(2) En réalité, si les raies 712 et 1437 ne sont pas interdites, c'est qu'il n'y a pas réellement dégénérescence, par suite d'une légère dissymétrie de l'ion CO^3.

(3) *Zeitschrift für Physik.*, 60, 1930, p. 334.

(4) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1316.

Rotation naturelle.

t°.	$[\alpha_j]$.	$[\alpha_v]$.	$[\alpha_i]$.	α_v/α_j.	α_i/α_j.
		β-Pinène (gauche).			
18	2,15	2,29	2,29	1,06$_5$	1,06
40	2,04	2,17	2,08	1,06$_3$	1,02
77	1,83	1,94	1,76	1,06$_1$	0,96
97	1,75	1,85	1,56	1,05$_7$	0,89
141,5	1,52	1,60	1,13	1,05$_6$	0,74
		α-Pinène (gauche).			
18	4,20	4,75	7,93	1,13	1,88$_6$
45,5	4,21	4,79	7,96	–	1,88$_7$
78	4,26	4,81	8,04	–	1,88$_7$
129,5	4,40	4,98	8,32	–	1,88$_9$
		Essence d'Alep (droit).			
16	4,66	5,28	8,88	1,13	1,90$_5$
47	4,67	5,31	8,90	–	1,90$_5$
98,5	4,76	5,39	9,09	–	1,91$_1$
129	4,86	5,49	9,30	–	1,91$_2$

Rotation magnétique.

t°.	ω_j.	ω_v.	ω_i.	ω_v/ω_j.	ω_i/ω_j.
		β-Pinène.			
18	10,17	11,49	19,24	1,13	1,89$_2$
46	9,86	11,19	18,68	–	1,89
76	9,55	10,81	18,05	–	1,89
103	9,25	10,47	17,50	–	1,89$_4$
138	8,79	10,00	16,66	–	1,89$_5$
		α-Pinène.			
18	9,48	10,71	17,85	1,13	1,88$_2$
49	9,18	10,43	17,25	–	1,87$_9$
83	8,84	10	16,57	–	1,87$_4$
131,5	8,33	9,41	15,60	1,12$_9$	1,87$_2$
		Essence d'Alep.			
16	9,61	10,86	17,86	1,13	1,85$_8$
51,5	9,24	10,42	17,15	1,12$_7$	1,85$_6$
99	8,71	9,87	16,10	1,13	1,84$_6$
123	8,45	9,54	15,61	–	1,84

1. En suivant la dispersion rotatoire naturelle des trois pinènes en fonction de la température, on voit que pour le β-pinène seul, le rapport α_i/α_j décroît. A la température ordinaire (18°) la courbe de dispersion rotatoire naturelle montre, comme E. Darmois ([1]) l'a dejà indiqué, un minimum vers 4900° Å. En représentant sur un graphique deux de ces courbes de dispersion pour deux températures bien différentes (18° et 141°,5) à l'aide de quelques radiations monochromatiques auxiliaires, on trouve qu'*un accroissement de température a comme effet le déplacement du minimum de dispersion rotatoire naturelle vers les grandes longueurs d'onde*. Le déplacement du minimum est d'environ 250 Å pour une élévation de température de 120°.

Les mesures de Bruhat ([2]) sur l'acide tartrique pur, liquide ou surfondu, à diverses températures, complétées par celles d'Arndtsen sur les solutions aqueuses du même corps, ont montré un déplacement du maximum de dispersion de sens inverse de celui que nous avons observé dans le cas du β-pinène. D'autre part les résultats récents de M. Rabinovitch ([3]), sur les solutions du β-pinène dans le benzène, ont montré un déplacement du minimum de dispersion rotatoire du même sens que celui observé par Arndtsen. Si donc les deux corps se comportent de la même façon à l'état de solution, ils se comportent différemment sous l'action de la température : cela s'explique soit par une polymérisation différente, soit par un phénomène d'absorption qui intervient dans le cas du β-pinène.

Une représentation géométrique nous montre que le sens du déplacement du minimum (ou maximum) de la courbe de dispersion rotatoire naturelle avec la température est donné par la variation du rapport α_i/α_j : *si ce rapport augmente lorsque la température croît, on a un déplacement vers les courtes longueurs d'onde; s'il varie en sens inverse, le déplacement s'effectue vers les grandes longueurs d'onde.*

2. Les valeurs *spécifiques* des rotations magnétiques des trois substances changent peu avec la température.

La dispersion rotatoire magnétique reste constante dans le cas du β-pinène et décroît systématiquement dans le cas des deux autres corps.

---

(1) E. Darmois, *Ann. de Ch. et de Ph.*, 22, 1911, p. 581.

(2) Bruhat, *Ann. de Phys.*, 3, 1915, p. 479.

(3) Rabinovitch, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 855.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le potentiel d'oxydo-réduction du système acide lactique-acide pyruvique.* Note de M. **René Wurmser** et Mlle **Z. De Boe**, présentée par M. G. Urbain.

Quastel et Wetham d'une part, Thunberg d'autre part, et depuis lors divers auteurs ont déterminé le potentiel d'oxydo-réduction d'un mélange d'acide succinique et d'acide fumarique en présence des catalyseurs biologiques et de bleu de méthylène. Jusqu'ici, parmi toutes les oxydo-réductions que l'on sait réaliser en présence de diastases, cet équilibre entre l'acide succinique et l'acide fumarique est le seul qui ait été établi. Cependant la théorie des catalyseurs indique que dans chaque cas la réaction régressive doit, au voisinage de l'équilibre, s'effectuer avec la même vitesse que la réaction progressive. La méthode qui a permis de mettre en évidence l'équilibre dans le cas de l'acide succinique est générale, mais les conditions de son emploi sont, comme nous allons le montrer, assez étroites.

Pour déterminer le potentiel d'oxydo-réduction d'un système constitué par un corps AH^2, non actif sur une électrode inerte, et par son produit d'oxydation A, il suffit en principe de le faire réagir au moyen d'un catalyseur convenable avec un autre corps X qui soit capable d'échanger des électrons avec un métal inerte, et qui soit lui-même en équilibre avec son produit de réduction XH^2. On a alors la suite de réactions



$$(1) \qquad AH^2 + X \rightleftharpoons A + XH^2,$$
$$(2) \qquad XH^2 \rightleftharpoons X + 2H^+ + 2e,$$

e représentant un électron.

Le potentiel du mélange en équilibre est

$$E = E_0 - \frac{RT}{\mathcal{F}} \ln \frac{[XH_2]}{[X]} + \frac{RT}{2\mathcal{F}} \ln [H^+],$$

où E_0 est le potentiel normal du système X, XH_2, R étant la constante des gaz, T la température absolue, $\mathcal{F}$ le Faraday, et les termes entre crochets représentant les activités des constituants.

La détermination de ce potentiel fournit donc la valeur du rapport $[XH_2]:[X]$ et permet ainsi de calculer celle du rapport $[A]:[AH_2]$, d'où la variation d'énergie libre de la réaction :



$$(3) \qquad AH_2 \rightarrow A + H_2,$$

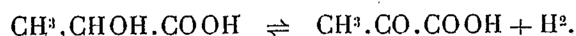
celle de la réaction (2) étant connue.

Le corps X doit toutefois satisfaire à une condition. Il faut que le potentiel normal E_0 du système X, XH_2 soit voisin de celui du système A, AH_2. On peut en effet mesurer le potentiel E de deux manières :

1° Colorimétriquement, si XH_2 a une couleur différente de celle de X et si l'on a préalablement déterminé les diverses valeurs de E correspondant à des mélanges en proportions variables de XH_2 et X. Le corps X constitue un indicateur d'oxydo-réduction, mais sa couleur ne peut servir à mesurer E que s'il n'est ni totalement oxydé, ni totalement réduit, c'est-à-dire si l'équilibre s'établit au voisinage du potentiel normal de l'indicateur.

2° Électrométriquement, en mesurant le potentiel d'une électrode inerte plongée dans le mélange. Pour des raisons d'ordre cinétique une électrode inerte plongée dans un système oxydo-réducteur très éloigné de son potentiel normal ne peut donner des indications exactes sur l'état de ce système que si ce dernier existe en masse très importante, ce qui doit être évité pour diverses raisons, en particulier pour ne pas inhiber la diastase.

La détermination d'un équilibre tel que (1) suppose donc la recherche préliminaire d'un catalyseur convenable et d'un indicateur d'oxydo-réduction approprié. Nous avons entrepris cette recherche dans le cas de l'équilibre supposé entre l'acide lactique et l'acide pyruvique :



$$CH^3.CHOH.COOH \rightleftharpoons CH^3.CO.COOH + H^2.$$

Après des essais infructueux pour obtenir une préparation diastasique suffisamment pure, par la méthode de Bernheim, nous avons eu recours à celle de Stephenson, qui a donné d'excellents résultats. Cette préparation consiste en un autolysat de *B. coli*, qui, en présence de toluène, même après un temps très long, ne catalyse pas l'oxydation de l'acide pyruvique tandis qu'il entraîne une oxydation rapide de l'acide lactique. Nous avons soumis à l'action de cet autolysat, en présence de lactate de sodium, à pH 7,4, une série d'indicateurs d'oxydo-réduction dont les potentiels normaux, à ce pH, sont connus. Le bleu de méthylène, les sulfonates d'indigo, le bleu de Nil et le violet de crésyle sont réduits. La phénosafranine, le vert Janus et le rouge neutre restent colorés.

Comme tous ces indicateurs, à l'exception des sulfonates d'indigo, sont de constitution chimique très analogue, il est logique de penser que la non-réduction des colorants de potentiel normal plus négatif que celui du violet de crésyle est due, non pas à une propriété sélective de la diastase, mais au fait que l'équilibre entre l'acide lactique et l'acide pyruvique correspond à un potentiel normal compris entre celui du violet de crésyle et celui de la phénosafranine, soit entre — 0,180 et — 0,260 volt.

D'autre part, nous avons suivi électrométriquement la variation du potentiel d'une électrode inerte dans un mélange d'autolysat, de lactate et de divers indicateurs d'oxydo-réduction en milieu fortement tamponné à pH 7,4, à 37° C. On constate que le potentiel devient rapidement négatif et s'abaisse en 3 ou 4 heures jusqu'au voisinage de —0,120 volt, avec les colorants tels que la phénosafranine, le violet de crésyle et le bleu de Nil. Avec le bleu de méthylène la courbe présente un plateau correspondant au potentiel normal de ce colorant. A partir de —0,120 volt la courbe s'abaisse lentement et ne se stabilise qu'en présence de toluène, à —0,170 volt dans le cas de la phénosafranine, et —0,200 volt avec le violet de crésyle et le bleu de Nil.

Tandis que le potentiel mesuré en présence de bleu de Nil et de violet de crésyle correspond bien à l'état de réduction de ces colorants dans le mélange final, le potentiel plus positif mesuré en présence de phénosafranine indique que le système acide lactique ⇌ acide pyruvique est en dehors du domaine de potentiel où des quantités notables de phénosafranine réduite commenceraient à apparaître.

La valeur probable du potentiel normal du système acide lactique ⇌ acide pyruvique est donc d'environ —0,200 volt.

COLLOÏDES. — *Contribution à l'étude du glycogène.* Note (¹) de M. **W. S. Reich**, présentée par M. J. Perrin.

On pense généralement que les molécules de glycogène sont constituées par des chaînes renfermant plusieurs centaines de molécules de glucose réunies par des valences chimiques normales. En accord avec cette façon de voir, la détermination du poids micellaire du glycogène dans l'eau par la méthode osmotique a donné des chiffres de 100000 à 140000 (²). En outre le phosphore qu'on trouve généralement dans le glycogène semble intervenir dans la constitution du glycogène en assurant la liaison des chaînes de glucose (³).

(¹) Séance du 6 juin 1932.

(²) Gatin-Gruzewska, *Pflügers Arch.*, 103, 1904, p. 115; Knaffl-Lenz, *Hoppe-Seiler*, 46, 1905, p. 294.

(³) Voir aussi C. Neuberg et H. Pollak, *Bioch. Z.*, 71, 1915, p. 196; C. Neuberg et I. A. Mandel, *Bioch. Z.*, 71, 1915, p. 196; Samec et A. Mayer, *Koll. Beih.*, 16, 1922, p. 89.

D'autre part Samec et Isajevic [1] admettent qu'il y a deux formes de glycogène, l'une qui renferme 0,721 pour 100 de P^2O^5, l'autre qui en renferme 0,135 pour 100. Je me suis demandé s'il était absolument impossible d'obtenir du glycogène exempt de phosphore. Voici le mode expérimental que j'ai suivi.

On fait une solution à 10 pour 100 de glycogène du commerce dans de la potasse à 33 pour 100. On chauffe à 100° pendant deux heures. Après refroidissement on précipite par l'alcool à 96 pour 100. Le précipité est séparé par centrifugation, remis en solution dans la potasse et reprécipité. Les culots sont mis en suspension dans l'eau pure de façon à avoir une concentration en glycogène de 5 pour 100. On précipite par l'alcool, on remet en suspension dans l'eau et l'on recommence cinq fois l'opération. La dernière suspension est soumise à l'électrodialyse avec une tension de 110 volts par centimètre. Comme paroi on emploie soit parchemin contre parchemin, soit parchemin contre gélatine-alumine. L'écoulement de l'eau de lavage des électrodes et le courant doivent être réglés de telle façon que le pH de la solution ne descende pas au-dessous de 6. Pendant toute la durée de l'opération la solution de glycogène doit être agitée à l'aide d'un agitateur mécanique. On arrête l'opération lorsque le courant est descendu à quelques millivolts (acide carbonique dissous).

Le glycogène est alors précipité par l'alcool, centrifugé, remis en suspension dans la potasse à froid, reprécipité par l'alcool puis mis en suspension dans l'eau, d'où on le précipite à nouveau par l'alcool. L'opération est recommencée 10 fois. La dernière solution est soumise à l'électrolyse puis le glycogène précipité une dernière fois. Cette dernière précipitation est très difficile. Il faut calculer la quantité d'alcool nécessaire pour la précipitation, refroidir cet alcool à — 20° et faire tomber dans l'alcool, agité constamment, la solution de glycogène goutte à goutte.

Dans ces conditions, on obtient un glycogène sans cendres renfermant moins de 0,002 pour 100 de P^2O^5 (erreur d'expérience $\pm$ 2 à 3 pour 1000).

La substance que je prépare ainsi est réellement du glycogène car elle en possède les propriétés essentielles :

1° Même composition élémentaire répondant à la formule ($C^6N^{10}O^5$) ;

2° Même pouvoir rotatoire pour une longueur d'onde donnée rapporté à une même masse de substance ;

3° Même absence de pouvoir réducteur ;

---

(1) SAMEC, V. ISAJEVIC, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1419.

4° Même coloration brune par l'iode, avec disparition réversible à chaud;

5° Même grandeur moyenne et même forme des micelles dans la solution louche obtenue par dissolution dans l'eau, cette grandeur et cette forme moyenne étant déterminées par des mesures de la polarisation de la lumière diffusée par l'effet Tyndall ([1]).

Mais cette fois il s'agit d'une substance définie, dont les vitesses d'hydrolyse par les acides et les ferments sont parfaitement définies, alors que pour le glycogène plus ou moins phosphaté ces vitesses sont sensibles à l'impureté phosphatée.

On peut donc conclure que le glycogène ne renferme pas comme constituant caractéristique de P^2O^5. J'ai constaté qu'un tel glycogène donne dans la résorcine pure et sèche fondue (120°) une solution « vraie », sans effet Tyndall et que la cryoscopie permet de déterminer un poids moléculaire correspondant à $4C^6H^{10}O^5$.

Il est remarquable que ce poids faible n'est pas dû à une altération de la substance, car après précipitation par l'alcool (précipitation presque quantitative 95 pour 100) et remise en suspension dans l'eau, le glycogène se retrouve avec ses propriétés caractéristiques ([2]), c'est-à-dire même grandeur de polarisation de la lumière diffusée par l'effet Tyndall, même poids micellaire dans l'eau (100 000 à 140 000), etc.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Viscosités des flux et laitiers de fusion pour magnésium.* Note de MM. **Hardouin**, **Cochet** et **de Fleury**, présentée par M. C. Matignon.

Cette Note est extraite des travaux entrepris sur l'initiative et avec le concours du Service des Recherches de l'Aéronautique, en vue d'étudier l'influence des flux sur la protection du magnésium fondu, sur la qualité des alliages, sur leur résistance à la corrosion, et sur la façon d'utiliser ces flux pratiquement. Le but industriel, qui a été atteint, était, dans la constitution de ces flux, d'éliminer la présence de chlorures, dont les traces résiduelles sont une source de corrosion du magnésium. Divers systèmes (fluorures; fluorures-borates; borates-anhydride borique) ont été étudiés ainsi que les systèmes, fluoborates-anhydride borique, proposés par M. Pascal.

Les conditions de la fonderie exigent que ces systèmes soient très fusibles

(1) R. O. Herzog, W. Reich, *Ber. d. deutsch. Chem. Ges.*, 62, 1929, p. 495.

(2) B. Lange, *Ztschr. physikal. Chem.*, 132, 1928, p. 1.

et très fluides au début de la fusion, et soient transformés, par des modifications de composition, en produits protecteurs très visqueux et peu fusibles au moment de la coulée, afin d'éliminer toute occlusion des sels dans les pièces. L'étude comporte donc, en premier lieu, une mesure des viscosités des différents flux. Cette étude a été réalisée avec un viscosimètre de torsion, dont le principe connu est le suivant.

Dans un creuset cylindrique contenant le sel fondu à étudier, on fait plonger, suivant son axe, un cylindre métallique plein, fixé à l'extrémité d'une tige verticale suspendue elle-même à un point fixe, par l'intermédiaire d'un fil de torsion. On fait tourner le creuset autour d'un axe vertical avec une vitesse constante; le fluide est entraîné, et le cylindre plongeur tourne d'un angle tel que les forces tangentielles de frottement, dues à la viscosité du fluide, soient équilibrées par le couple de rappel du fil de torsion. On fixe sur la tige de la suspension un petit miroir concave permettant de lire la déviation sur une échelle graduée placée à un mètre.

Cette étude a montré que de très faibles variations de composition, dans un système binaire, en particulier dans le système borate de soude et anhydride borique, étaient susceptibles de modifier la viscosité, dans d'importantes proportions.

Il en résulte une échelle de manœuvre extrêmement efficace.

Le tableau des mesures qui suivent, donne, en fonction de très faibles variations de composition, une idée de la grandeur des variations, en poises et à 700° pour le système $B^4O^7Na^2$ et B^2O^3.

$B^4O^7Na^2$ pour 100........	11.	15.	20.	22,5.	25.	28.
B^2O^3....................	89.	85.	80.	77,5.	75.	72.
Poises à 700°...........	200	600	220	500	900	500

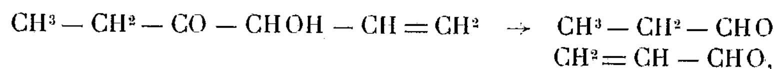
Les systèmes, fluoborates-anhydride borique ont présenté des viscosités non supérieures à celles de l'eau. Leur mélange avec le système précédent fournit une gamme de flux très étendue.

D'une façon plus générale, il semble que l'étude systématique de la propriété physique de la viscosité, en liaison avec celle de la densité des systèmes minéraux, serait susceptible de conduire à des méthodes d'épuration par décantation de bien des métaux : ces méthodes permettraient d'éliminer les résidus des réactions chimiques des corps introduits dans les laitiers, de dissoudre les inclusions résiduelles des laitiers, des flux ou des électrolytes dans les métaux livrés à l'industrie; cette purification présenterait de l'intérêt même pour les métaux moins susceptibles que le magnésium, dont la pureté est vitale pour la suite des traitements.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Décomposition thermique des acyloïnes.* Note de M. **Urion**, présentée par M. Matignon.

La décomposition catalytique de quelques α-glycols éthyléniques m'a permis d'isoler d'une part des acyloïnes isomères, d'autre part des aldéhydes, que j'ai considérées comme résultant de la rupture de la molécule de ces cétones α-alcools.

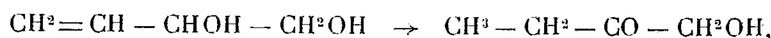
Dans le cas du divinylglycol (¹), j'ai obtenu du propanal et de l'acroléine, et j'ai admis, sans toutefois avoir isolé l'intermédiaire, que ces composés provenaient de la rupture de l'acyloïne



$$CH^3-CH^2-CO-CHOH-CH=CH^2 \rightarrow \begin{array}{l} CH^3-CH^2-CHO \\ CH^2=CH-CHO, \end{array}$$

celle-ci étant un produit d'isomérisation du divinylglycol, formé par migration αγ d'un atome d'hydrogène.

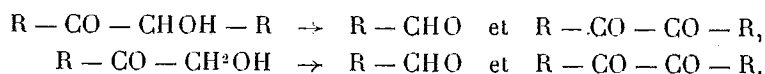
Dans la décomposition de l'érythrol sur cuivre réduit, j'ai réussi à isoler le produit intermédiaire, l'éthylcétol



$$CH^2=CH-CHOH-CH^2OH \rightarrow CH^3-CH^2-CO-CH^2OH,$$

celui-ci se brise partiellement en donnant du propanal. J'ai décelé en outre du dipropionyle dans les produits liquides de la réaction et une forte proportion de CO et CO^2 dans les gaz.

Si l'on rapproche ces résultats d'un fait connu depuis longtemps, la benzoïne chauffée donne naissance, entre autres produits, à de l'aldéhyde benzoïque et du dibenzoyle, on est conduit à penser que la décomposition thermique des acyloïnes doit fournir des aldéhydes et des α-dicétones suivant le schéma



$$\begin{array}{l} R-CO-CHOH-R \rightarrow R-CHO \text{ et } R-CO-CO-R, \\ R-CO-CH^2OH \rightarrow R-CHO \text{ et } R-CO-CO-R. \end{array}$$

Dans le dernier cas, la rupture de la chaîne carbonée devrait donner simultanément les aldéhydes RCHO et HCHO ; mais dans les expériences qui suivent, le formol n'a jamais pu être isolé, par contre on a trouvé en abondance ses produits de décomposition : CO et CO^2.

Je me suis assuré de l'exactitude du schéma de coupure proposé en trai-

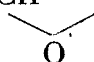
(¹) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 263.

tant les cas suivants. En général, le produit initial est récupéré en partie, et les rendements en produits de décomposition sont assez faibles.

I. *Propioïne :* $C^2H^5 - CO - CHOH - C^2H^5$. — La propioïne, après passage dans un tube chauffé à 320° et contenant de la pierre ponce et de l'alumine, a donné par fractionnement : du propanal identifié par sa semicarbazone (F = 156°) et du dipropionyle dont la diphénylhydrazone fond à 161°. Le dégagement gazeux correspondant est minime.

II. *Acétol :* $CH^3 - CO - CH^2OH$. — Dans les mêmes conditions, l'acétol se scinde en aldéhyde acétique et diacétyle; celui-ci se caractérise par sa diphénylhydrazone (F = 243°-244°) et sa dioxime (F = 234°-235°) dont le sel de nickel insoluble précipite en rouge. En outre les produits gazeux relativement abondants contiennent CO et CO^2.

III. *Glycide :* $CH^2 - CH - CH^2OH$. — Soumis au même traitement, le

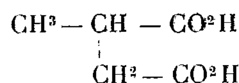


glycide subit une isomérisation partielle en acétol, que l'on décèle par son osazone (F = 195°-198°) et sa semicarbazone (F = 147°-148°), et une déshydratation en acroléine. A son tour, l'acétol est partiellement transformé en acétaldéhyde et diacétyle ; enfin les gaz recueillis renferment CO et CO^2.

IV. *Acide pyruvique :* $CH^3 - CO - CO^2H$. — On pouvait se demander si la coupure étudiée n'admet pas comme stade intermédiaire l'existence des radicaux R — CO et H. J'ai donc vérifié que la présence de ces radicaux entraîne la formation des composés R — CHO et R — CO — CO — R, dans le cas de la décomposition de l'acide pyruvique sur du cuivre vers 300°.

Outre un abondant dégagement de CO^2, le fractionnement a fourni de l'acétaldéhyde et une petite quantité d'un mélange de diacétyle et de méthylglyoxal qui ont été séparés grâce aux sels de nickel de leurs dioximes; la présence du méthylglyoxal s'explique par une hydrogénation de l'acide, favorisée par le cuivre.

La décomposition précédente n'intéresse d'ailleurs qu'une faible partie de l'acide pyruvique traité; le reste, environ 70 pour 100, se trouve en effet transformé en acide méthylsuccinique :



(F = 112°,5, poids moléculaire déterminé par dosage à la soude 132,0, M théorique = 132).

GÉOLOGIE. — *Sur des vestiges d'une formation estuarienne, d'âge yprésien, remaniés à la base du Lutétien de la bordure occidentale du bassin de Paris.* Note [1] de M. **Maurice Leriche**, présentée par M. Ch. Barrois.

Le gravier de base du calcaire grossier (Lutétien) du bassin de Paris, la glauconie grossière des anciens auteurs, qui représente les cordons littoraux successifs de la mer lutétienne en transgression, est un important gisement de restes de Poissons, en particulier de dents de Squales.

Ces restes se présentent sous deux aspects différents, qui dénotent des origines distinctes :

Les uns sont dans un état de fraîcheur relativement grande, qui permet de les considérer comme ceux d'espèces lutétiennes.

Les autres, généralement fragmentés, portent toujours les traces d'une usure *post mortem*; parfois ils sont usés au point d'être transformés en véritables galets; souvent ils ont subi une véritable rubéfaction. Ces derniers restes sont remaniés des formations prélutétiennes qui constituaient le sol envahi par la mer du calcaire grossier.

Aux environs de Mantes, entre Limay et Guitrancourt, le gravier de base du calcaire grossier est particulièrement riche en restes de Poissons, et M. Imhoff, qui l'a fouillé avec beaucoup de persévérance et de soin, en a extrait d'importants matériaux qu'il a bien voulu soumettre à mon examen.

Ce gisement est surtout remarquable par les restes de Poissons qui s'y trouvent à l'état remanié, car, parmi ceux-ci, il en est qui proviennent d'une formation actuellement inconnue sur la bordure occidentale du bassin de Paris.

Les restes de Poissons qui, dans le gisement de Limay-Guitrancourt, sont empruntés à des formations plus anciennes que le Lutétien sont :

1° des dents d'espèces crétacées : *Lamna appendiculata* L. Agassiz, *Oxyrhina Mantelli* L. Agassiz;

2° des dents d'une forme paléocène, *Odontaspis macrota* L. Agassiz, prémut. *striata* Winkler;

3° des restes d'une faune qui est identique à celle des faluns de Pourcy et des sables à Unios et Térédines, sur la bordure orientale du bassin de Paris, et dont les éléments les plus caractéristiques sont les suivants :

---

[1] Séance du 6 juin 1932.

Lepidosteus suessionensis P. Gervais, *Diaphyodus trapezoidalis* Leriche, *Egertonia* sp., *Phyllodus* sp.

J'ai montré jadis que la faune ichtyologique des sables à Unios et Térédines et des faluns de Pourcy est une faune d'estuaire, et que ces formations marquent, sur la bordure orientale du bassin de Paris, l'embouchure de fleuves, qui, après avoir arrosé la Lorraine et la Champagne, se jetaient dans la mer yprésienne (¹).

La présence, dans la région de Mantes, à la base du « calcaire grossier », de vestiges remaniés d'une faune identique à celle des sables à Unios et Térédines, prouve qu'un fleuve, venant de l'Ouest, débouchait aussi, sur la bordure occidentale du bassin de Paris, dans la mer des sables de Cuise.

Les dents, appartenant à des espèces crétacées (*Lamna appendiculata*, *Oxyrhina Mantelli*), qui sont associées, dans le gisement de Limay-Guitrancourt, à des espèces des sables à Unios et Térédines, ont été arrachées par ce fleuve à la ceinture crayeuse de l'ouest du bassin de Paris, tout comme les vestiges du Jurassique et du Crétacé qu'on recueille dans les faluns de Pourcy et les sables à Unios et Térédines l'ont été à la bordure secondaire de l'est du bassin.

La formation estuarienne, d'âge yprésien, dont l'existence est révélée par la faune ichtyologique remaniée dans le gravier de base du Lutétien de la région de Mantes, a été détruite par l'érosion marine lors de la transgression lutétienne. Tandis que ses éléments fins ou friables étaient dispersés par les vagues, ses éléments volumineux et durs, et en particulier, ses fossiles les plus résistants (dents de Squales; dents, écailles et vertèbres de *Lepidosteus*; pharyngiens de Labroïdes, etc.), étaient incorporés au cordon littoral qui forme aujourd'hui le gravier de base du calcaire grossier.

Les formations estuariennes que représentent : 1° à l'est du bassin de Paris, les faluns de Pourcy et les sables à Unios et Térédines; 2° à l'ouest, la formation démantelée dont on retrouve les fossiles remaniés à la base du calcaire grossier, ont pour représentant, dans le bassin de Londres, les Blackheath Beds, qui renferment la même faune ichtyologique (²).

(¹) M. Leriche, *Faune ichtyologique des sables à Unios et Térédines des environs d'Épernay (Marne)* (*Ann. Soc. géol. du Nord*, 29, 1900, p. 195); *Sur la faune ichtyologique et sur l'âge des faluns de Pourcy (Marne)* (*Comptes rendus*, 145, 1907, p. 444); *Observations sur les Terrains tertiaires des environs de Reims et d'Épernay* (*Ann. Soc. géol. du Nord*, 36, 1907, p. 379-381).

(²) La faune ichtyologique des Blackheath Beds a été récemment décrite par E. I. White (*The Vertebrate Faunas of the English Eocene*, 1, *passim*, British Museum, Natural History, 1931).

Toutes ces formations ne sont pas exactement synchroniques. Les faluns de Pourcy et les Blackheath Beds appartiennent à l'Yprésien inférieur; les sables à Unios et Térédines, à l'Yprésien supérieur.

Il y a des raisons de croire que c'est aussi à l'Yprésien supérieur que se rapporte la formation estuarienne qui fut détruite, aux environs de Mantes, lors de l'arrivée de la mer lutétienne dans cette région.

A la carrière de Guitrancourt, le calcaire grossier ravine une assise de sables sans fossiles, qui succèdent à l'argile plastique landénienne par l'intermédiaire d'un mince lit formé d'*Ostrea bellovacensis* (1).

Si, comme l'admettent les auteurs, ces sables sont bien les sables de Cuise, s'ils sont par conséquent marins, ils doivent occuper, dans l'Yprésien, un niveau assez élevé, car, étant donnée la situation de la région de Mantes, au fond du golfe parisien, cette région ne dut être atteinte que tardivement par la mer ypresienne. La formation estuarienne des environs de Mantes, dont on retrouve les vestiges à la base du calcaire grossier, est évidemment postérieure au dépôt de ces sables. Elle occupait, dans l'Yprésien, un niveau qui correspond approximativement à celui des sables à Unios et Térédines, à l'extrémité opposée du bassin de Paris.

TECTONIQUE. — *Les décrochements horizontaux dans le Sud du Jura; rôle tectonique et morphologique*. Note de M. **H. Vincienne**, présentée par M. L. de Launay.

Mes recherches dans le Jura méridional m'ont montré qu'on n'y a pas assez mis en lumière la généralité des décrochements, ni surtout leur rôle dans la structure et la morphologie de la chaîne.

Si l'on suit, de Saint-Germain-de-Joux à Saint-Claude, le synclinal néocomien qui passe à Marnod, à l'Est de Belleydoux et à la Serra, on le voit affecté de décrochements multiples, non encore signalés.

I. *Au Nord-Est de Fichin*, le synclinal est coupé par la ligne de décrochement SE-NW qui, venant du lac d'Annecy, rompt la chaîne Semnoz-Veyrier, décroche l'extrémité du Salève, passe entre le Mont de Musiège et le Vuache, limite au Sud le massif de Mantières et fait apparaître le Trias à Champfromier. Au Sud de cet accident, le synclinal est rejeté vers l'Ouest.

II. *Au Sud-Est de Belleydoux*, un décrochement NE-SW traverse la Semine peu à

(1) Voir la coupe de la carrière de Guitrancourt qu'ont publiée P. Lemoine et A. Pinard (*Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, 22, 1922, p. 143).

l'aval du Biez Blanc et à l'amont du Viaduc. Au Nord de l'accident, l'anticlinal de « Sur la Roche » applique sa retombée ouest, verticale, contre le bord est, redressé, du synclinal ; les couches écrasées de cette retombée (Portlandien à Rauracien) forment une barre verticale, à l'Est de laquelle se trouve la combe oxfordienne « en reculée » d'Orva. La retombée est si brutale qu'une rupture la sépare de la partie axiale, tabulaire, de l'anticlinal. Au Sud de l'accident, la barre jurassique fait brusquement place à l'Oxfordien de la combe « en reculée » de Roche Fauconnière : le noyau de l'anticlinal se trouve donc ici sur le prolongement du flanc ouest de celui-ci, au Nord. La fraction sud de l'anticlinal est rejetée vers l'Ouest de près de 1^{km}. Le synclinal, difficile à suivre en forêt, est aussi reporté vers l'Ouest, sur la lisière de la forêt de Champfromier, au Nord-Est de Giron. En outre, nous observons une différence dans la structure de l'anticlinal qui, au Sud, retombe normalement vers l'Ouest, sans rupture; le cluse de la Semine et la combe d'Orva se placent sur le décrochement.

III. Un décrochement NE-SW passe à *Pré Mollet*, au Sud du Bois du Banc, mettant en contact le Portlandien du flanc ouest de l'anticlinal (au Sud) et l'Hauterivien du bord ouest du synclinal (au Nord) : sa lèvre sud est donc rejetée vers l'Ouest. L'accident coïncide avec un changement profond dans le style des plis : au Sud, les relations du synclinal et de l'anticlinal sont les mêmes qu'au Nord du décrochement précédent; au Nord, l'Hauterivien supérieur du bord ouest du synclinal se montre couronné de Séquanien horizontal, se relevant vers l'Ouest et appartenant à la série normale du flanc est de l'anticlinal; ce Séquanien, décollé de son substratum argovien, a dérapé et a recouvert le synclinal dont il a fait disparaître le bord est. En outre la ligne de décrochement correspond avec l'exhaussement de l'anticlinal (au Nord) et l'apparition de son noyau bathonien.

IV. *Au col de la Serra*, immédiatement au Nord du Bois du Banc, passe un décrochement NE-SW, suivi momentanément par la route (Sud de Pré Gaillard) et le sentier de « Sur la Vie ». Les éléments néocomiens du bord ouest du synclinal (au Sud de l'accident) viennent finir brusquement contre le Portlandien de la retombée Est, lente, de l'anticlinal de Choux (au Nord). Le synclinal est reporté de 700^{m} vers l'Ouest, au Sud du décrochement, qui, là encore, s'accompagne d'un changement de style : au Sud, la structure du Bois du Banc est celle que nous avons signalée, avec Séquanien décollé, reposant sur l'Hauterivien synclinal; au Nord, le flanc ouest de l'anticlinal, réduit au Séquanien écrasé, repose à peu près vertical sur l'Hauterivien du bord ouest du synclinal.

D'autres décrochements s'observent encore plus au Nord déterminant des changements de style analogues : *à* 300^{m} *au Nord-Est de la Serra* (SE-NW. Rejet de 800^{m}), *près de Tailla* et *de la Palud* (SE-NW) et à *Lapérouse* (SSE-NNW).

Tous ces décrochements s'accompagnent de surfaces de friction avec stries horizontales, de brèches, de lambeaux entraînés.

Les décrochements sont *un des traits fondamentaux du Jura*. J'en ai observé de semblables, en bien des points, notamment dans les anticlinaux du Crédo-Reculet, du Crêt de Chalam, du Colombier, de la Dent du Chat, de Mazières, de Parves, des Monts d'Ain, les synclinaux de la Combe d'Evoaz, de Viry, les plateaux de Retord et des Molunes, la région de

La Cluse, le Revermont. La plupart, très continus, coupent au moins plusieurs chaînons. Généralement orientés SE-NW ou SSE-NNW, plus rarement NE-SW ou presque E-W, ils sont souvent obliques par rapport aux plis et forment un réseau à mailles serrées, quadrangulaires et triangulaires; leur rejet horizontal, plutôt faible, peut varier de valeur et de sens le long du même accident.

Souvent ils coïncident avec l'apparition de noyaux anticlinaux, de synclinaux et déterminent d'*importants changements dans le style tectonique des plis*. Ils peuvent limiter des compartiments structuralement indépendants, comme le décrochement qui, au N du Valromey, le sépare de la région, à plis multiples et serrés, de Retord. Ils se compliquent parfois de mouvements verticaux et, selon qu'il y a eu distension ou serrage entre leurs deux lèvres, ils peuvent donner lieu à abaissement ou relèvement d'axe des plis. — *Leur rôle morphologique est considérable;* ils expliquent la courbure d'ensemble du Jura, les torsions locales et brusques de ses chaînons, le morcellement du relief et ses changements de type, le déplacement des arêtes, l'alignement des zones de cols et de dépressions et, très souvent, la position des ruz et des cluses. — Enfin les gisements asphaltifères du Jura semblent liés à leur existence.

Dans les chaînes subalpines (Genevois, Bauges, Grande-Chartreuse), les décrochements me paraissent jouer un rôle également important; certaines vallées transversales de ces chaînes ont pu se creuser à la faveur de ces accidents qui, d'autre part, ont pu provoquer les inflexions axiales.

Je reviendrai sur ce sujet dans un Mémoire détaillé.

GÉOLOGIE. — *Observations géologiques dans la région d'Entifa et des Beni Ayatt, au Nord-Est de Marrakech (Maroc).* Note de M. **Édouard Roch**, présentée par M. Ch. Jacob.

J'ai consacré quelques semaines, l'automne dernier, à l'exploration géologique de la partie Nord-Est de la Feuille de Demmat au 1/200000ᵉ.

La région dont il s'agit a été décrite déjà par M. P. et Mᵐᵉ L. Russo, puis par MM. A. Beaugé et P. Russo (¹). Je puis cependant compléter les résultats stratigraphiques qu'ils ont obtenus.

(¹) P. Russo et Mᵐᵉ L. Russo, *Observations géologiques sur la région d'Azilal et el Haouz de Marrakech* (*C. R. S. S. G. F.*, p. 161, 7 novembre 1927); A. Beaugé et P. Russo, *Sur la continuité tectonique des Djébilet et du Moyen-Atlas* (*Maroc méridional*) (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 29, VI-VII, 1929, p. 405-414, 1 figure).

J'ai observé la succession suivante :

1. *Trias.* — Grès et marnes rouges, gypsifères et salifères, accompagnés de grosses masses de basalte doléritique.

2. *Lias inférieur.* — Dolomies foncées, marnes blanches et vertes, marnes rouges en alternances répétées, marno-calcaires (50-60^{m} environ). Dans la région d'Ouzoud, calcaires jaunes à Térébratules plissées.

3. *Pliensbachien.* — Calcaires dolomitiques, calcaires à silex, à débris d'Échinodermes, formant une barre massive d'épaisseur variable (60 à 150^{m} environ). Ils fournissent au Nord de Foum el Djemaa : *Terebratula tauromenitana* di Stefano, *Spiriferina* gr. de *Haueri* Suess, *Rhynchonella* cf. *curviceps* di Stef. *non* Quenstedt (déterminations de M. l'abbé Dubar).

4. *Lias supérieur.* — Série différente suivant que l'on considère la partie occidentale de la région étudiée (Bzou) ou la partie orientale (Azilal).

Dans la région de Bzou, elle comporte des marnes et des conglomérats rouges, entremêlés d'argiles à plantes et des marno-calcaires blanc verdâtre, à moules de Tellines. L'ensemble est sous-jacent à une coulée de basalte doléritique qui manque en certains points.

Dans la région d'Azilal, les calcaires à Spiriférines supportent des calcaires dolomitiques, des calcaires marneux, des marnes et des grès rouges avec intercalations de marno-calcaires à *Cyrena* sp.

5. *Dogger.* — Calcaires noirs, fossilifères à l'Est de Tanant, sur la route d'Azilal, dans le gisement découvert par M. Russo. J'y ai récolté : *Rhynchonella* sp. intermédiaire entre *Rh. lotharingica* et *Edwarsi*, *Rh. varians*, *Rh.* gr. de *Morieri*, *Modiola plicata*, *Plagiostoma cardiiformis*, *Pl. Anonnii*, *Ostrea* sp. Aux Ouled Ghenam, des couches un peu supérieures à cet horizon m'ont livré : *Modiola* sp., *Pholadomya* sp., *Ceromya* cf. *Morrisi*, *Myacites* cf. *Terquemea*, *Ampullina* cf. *formosa*, etc. La plupart de ces formes ont été recueillies par H. Termier dans le Dogger du Moyen-Atlas.

6. *Dogger* ou *Jurassique supérieur?* — Marnes et grès rutilants, gypsifères, salifères (sulfates de magnésium et de calcium, chlorures alcalins), à moules de *Mytilus* et à débris végétaux. Une coulée de basalte doléritique s'intercale au tiers supérieur de la série (région de Taoura et de Souk el Had des Ait Attab).

7. *Cénomanien.* — Grès et marno-calcaires à *Exogyra flabellata* ; marnes rouges et vertes à gypse.

8. *Turonien?* — Calcaires blancs à *Astarte Seguenzæ* et *Exogyra columba*, formant le replat supérieur de la cuvette synclinale des Aït Attab.

La série stratigraphique qui précède est remarquable par la récurrence

des faciès rutilants, salifères, accompagnés de coulées basaltiques. *Ces formations miment le Trias tel qu'il est défini par les auteurs marocains.* Les niveaux rouges, surmontés de produits volcaniques, sont au nombre de *trois* : le premier, triasique; le second, post-pliensbachien; le troisième, supérieur au Dogger.

On remarquera aussi le caractère néritique et presque lagunaire offert par certaines faunes et confirmé par la présence de couches à débris végétaux.

De tels faits sont à rapprocher de ceux décrits récemment par M. Bourcart (¹), à cela près que cet auteur signale, au-dessous du Dogger, des couches à Ammonites que je n'ai pas observées.

D'autres recherches permettront peut-être de mieux préciser les horizons stratigraphiques, de suivre les variations de faciès qui ne manqueront pas de se produire lorsque l'on explorera l'Est de cette région et d'étudier si les différents niveaux basaltiques sont bien des *sills*, comme le veut M. Bourcart, ou de véritables coulées.

HYDROLOGIE. — *Régime des sels dissous dans les eaux souterraines de la région de Palmyre.* Note (²) de M. **V. Frolow.**

La quantité des sels dissous a été déterminée au moyen du pont électrolytique construit par Leeds et Northrup, dont les lectures de résistances ont été converties en poids par litre d'eau à 60° F. en se servant des Tables du *U. S. Department of Agriculture.*

Les échantillons ont été prélevés en 1930, 1931 et 1932, et analysés sur place à la source sulfureuse de Palmyre (*fig.* 1), au puits d'Ain Béida (34^{km} à l'ouest de Palmyre; eau à 38^{m}) et à celui de Moumbata (50^{km} à l'est de Palmyre; eau à 5^{m}).

Reportés sur le graphique (*fig.* 2), les résultats des mesures font apparaître une variation dont la période est de six mois. Elle est beaucoup plus accentuée dans les puits qu'à la source et se produit avec un certain décalage de temps en ces trois endroits. La source de Palmyre accuse le mouvement avant le puits d'Ain Béida et celui-ci avant Moumbata.

(¹) J. Bourcart, *Quelques données sur le problème de la limite entre le Haut-Atlas et le Moyen-Atlas marocain* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 536-538).

(²) Séance du 9 mai 1932.

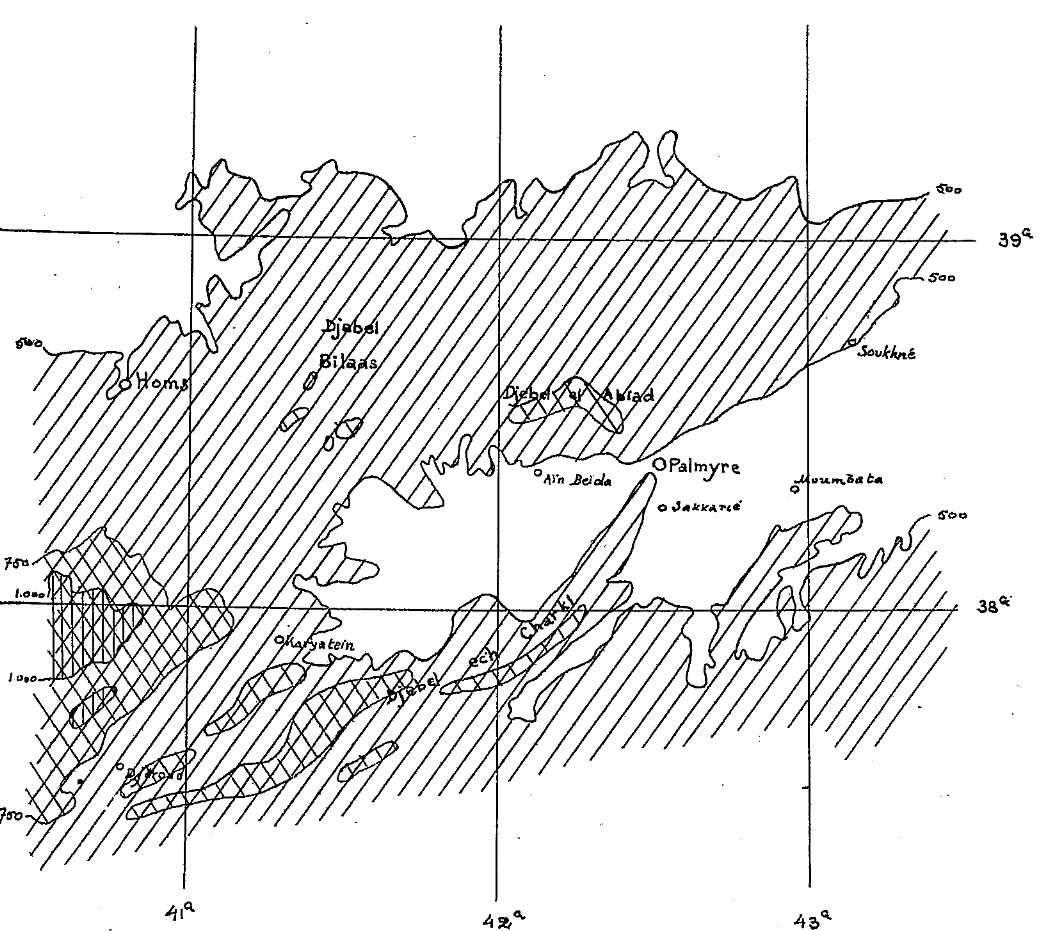

Djebel
Bilaas
Homs
Djebel el Abiad
Aïn Beida
Palmyre
Sakkaré
Moumbata
Soukhné
Karyatein
Djebel ech Charki
500
750
1.000
39°
38°
41°
42°
43°

Fig. 1.

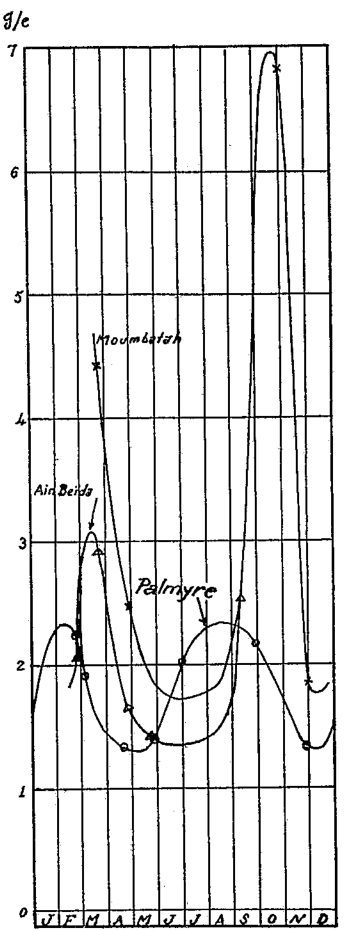

g/e
Moumbatah
Aïn Beida
Palmyre
J F M A M J J A S O N D

Fig. 2.

L'explication de l'ensemble de ces faits peut être la suivante :

Le périmètre d'alimentation des eaux souterraines de la région de Palmyre englobe les salines de Djéroud et de Palmyre. — En outre, les efflorescences apparaissent dans le Djebel ech Charki, au sud de Kariatine, et une sortie des eaux particulièrement salées se voit entre Palmyre et Sakkarié.

La pluie, en s'infiltrant à travers ces dépôts de sels, en entraîne nne partie au profit de la réserve d'eau souterraine, ce qui donne lieu à une variation saisonnière de la salinité et fait admettre que la réserve doit progressivement s'enrichir. La période des pluies s'étendant de novembre à fin avril, c'est la vague des premiers mois de l'année qui est déterminée par ce phénomène.

D'autre part, la marche annuelle de température doit nécessairement conduire à l'abandon d'une certaine quantité de sels pendant la période froide et leur dissolution lors du réchauffement. Ceci peut expliquer l'existence de la deuxième vague observée en automne.

Le décalage des graphiques et l'identité de leurs caractères généraux conduit aux conclusions suivantes : La même réserve alimente les deux puits et la source. L'écoulement souterrain se fait dans le sens général Ouest-Est, mais la diaclase de la source de Palmyre fait circuler l'eau avec beaucoup plus de rapidité qu'à travers les différents terrains alimentant les puits.

Il semble que la quantité des sels dissous est toujours plus forte à Moumbata qu'à Ain Beida, tandis que le minimum printanier est comparable à Ain Beida et à Palmyre. Ceci est en faveur de l'identité de la zone d'alimentation de ces dernières localités et fait ressortir l'influence de la saline de Palmyre et des terrains gypseux entre cette dernière et Moumbata.

L'allure plus brusque des crues de salinité aux puits qu'à la source peut être rattachée à la lenteur de l'écoulement souterrain, qui permet une diffusion dans l'eau de la réserve souterraine de faibles quantités de sels apportées par les premières et les dernières pluies peu abondantes et retenues en partie par le sol. L'allure lente du graphique de Palmyre est une indication d'un drainage plus facile par les diaclases, qui recueillent une plus grande proportion des pluies et qui, amenant l'eau plus près du sol, la rendent plus sensible à la variation de la température.

CRYPTOGAMIE. — *Recherches cytologiques sur le développement d'une Microsiphonée*. Note (1) de MM. **A.** et **R. Sartory**, **J. Meyer** et **M. Antonioli**.

Les recherches que nous décrivons ici portent sur un *Actinomyces* nouveau à propriétés chromogènes : l'*Actinomyces Allenbachii*.

On a effectué des ensemencements en boîte de Borrel à partir de cultures provenant de milieu de Sabouraud glucosé sur les liquides suivants : bouillon ou eau peptonée à 2 pour 100; sérum physiologique à 7,5 et 9 pour 1000; solution de carbonate de soude à 3 et à 5 pour 100. Ces microcultures ont servi à différentes périodes pour la confection de frottis ou de préparations vitales. Les différentes méthodes de coloration que nous avons utilisé sont les suivantes : coloration vitale par le bleu de méthylène ou le rouge neutre; frottis colorés par la fuchsine et le bleu de méthylène; méthode de Neisser, de Gram, de Schumacher, de Schumacher modifiée de la façon suivante : fixation par l'alcool, séchage, fixation par la chaleur, coloration au moyen du violet de gentiane dont on rejette l'excès, contact avec le liquide de Lugol, lavage à l'alcool et à l'eau, coloration par la phosphine à 1 pour 100, lavage à l'eau, coloration par l'éosine, lavage, séchage.

En effectuant des microcultures très diluées sur les solutions salines indiquées plus haut il ne se produit guère de modifications pour une période de deux heures; à ce moment pour obvier à l'évaporatiou on ajoute une nouvelle goutte de solution saline dans la culture, ce qui a pour effet une augmentation de la concentration et nous obtenons un accroissement des filaments. En suivant les cultures par des préparations effectuées à différentes périodes au moyen de la méthode de *Schumacher* modifiée, on note une hypertrophie du corpuscule nucléaire situé à l'extrémité d'un filament ou dans les parties centrales. Ce corpuscule se divise alors en deux et à la suite de cette division une ramification se forme qui peut être aussi bien monopodiale que dichotomique, dans chaque branche nous retrouvons un des deux corpuscules et par la suite on obtient un mycélium ramifié, atrophique, hypertrophié, vésiculeux avec des corpuscules nucléaires innombrables.

---

(1) Séance du 6 juin 1932.

En observant de près ces différentes formes on constate que les corpuscules nucléaires deviennent de plus en plus petits en se divisant; un moment arrive où ils acquièrent une sorte d'attraction sexuée; souvent les corpuscules échappent complètement de leur enclave protoplasmique et à l'aide d'un petit pédoncule protoplasmique émigrent dans la direction d'un second corpuscule issu d'un autre fragment filamenteux.

On ne peut effectivement pas s'expliquer autrement des formes de cette configuration que par une attraction sexuée résultant de la juxtaposition de deux cœnogamétocytes (Vuillemin) issus de filaments biodynamiques.

Le phénomène sexué devient par la suite encore plus apparent; on peut alors noter l'apparition de formes en T et en double Y : cette dernière a déjà été observée et décrite par Lieske sous le nom de « Vierhyphenspore ». L'une des branches ainsi formées survit; les autres dégénèrent. Il en résulte une grande cellule en forme de bâtonnet très gros à pôles arrondis, fortement chromophile, renfermant deux corpuscules nucléaires entourés chacun d'une forte calotte de protoplasme. Ces cellules sont munies d'une membrane double.

Nous avons donc affaire à une cellule à double membrane, à protoplasme fortement condensé, présentant deux corpuscules nucléaires situés vers les deux pôles de la cellule, sans vacuole, ni produits de déchets. Ces éléments peuvent rester très longtemps à l'état de vie ralentie mais si l'on dilue le milieu ou si l'on porte ces cellules sur milieu de Sabouraud, elles commencent à germer. Les deux corpuscules nucléaires se fusionnent pour se diviser immédiatement après (processus observé sous le microscope dans une période de 3 à 5 minutes). La cellule s'allonge alors subitement; les corpuscules nucléaires disparaissent pour faire place à de très petites granulations très difficiles à observer. On obtient finalement un siphon qui ne tarde pas à se ramifier et à donner des arthrospores.

Nous avons la certitude, vu les divisions et fusions successives et la caractérisation par les colorations spécifiques, qu'il s'agit de corpuscules chromatiques nucléaires ou de rudiments de noyaux cellulaires capables de se diviser en deux parties égales, de s'unir dans des conditions spéciales rappelant un acte de copulation et doués en sorte d'une valeur dynamique variable suivant les conditions vitales (dynamogénie isoforme ou dynamogénie autogénétique).

Des détails plus précis et les figures se rapportant à cette étude paraîtront dans un prochain travail.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La reviviscence des plantules desséchées soumises aux actions du vide et des très basses températures.* Note de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. Louis Mangin.

Les expériences de Doyère et de Gaston Bonnier ([1]) ont démontré que certaines graines germées supportent une dessiccation plus ou moins forte puis reprennent une vie active si on les replace dans des conditions favorables. Mais on ne savait pas, si dans cet état d'anhydrobiose, les plantules auraient la faculté de résister au vide et aux basses températures de l'azote et de l'hélium liquides. C'est ce que nous avons essayé de déterminer en expérimentant sur le Blé, le Seigle, la Luzerne, l'Hélianthe annuelle.

Pour chacune de ces espèces nous avons constitué trois lots A, B, C, renfermant chacun 30 graines. Ces graines ont été mises à gonfler dans l'eau pendant 12 heures, puis elles ont été mises à germer sur de la ouate humide, dans une atmosphère saturée à la température de 18° C. Le premier lot fut retiré au bout de 24 heures. Le deuxième lot au bout de 36 heures, et le troisième lot, après 48 heures.

Dans le premier lot la germination débute à peine par le pointement de la radicule; dans le deuxième lot les radicules sont sorties et, selon les espèces, ont de 1 à 3^{mm}; dans le troisième lot les radicules ont de 4 à 10^{mm}. Les germinations de chaque lot furent ensuite essuyées, pesées et mises à sécher dans une atmosphère sèche à 30° pendant 24 heures, puis placées dans un dessiccateur, en présence de la baryte caustique anhydre à la même température et du vide au 1/10000e. Des pesées consécutives à deux jours d'intervalle nous montrent qu'au bout de huit jours les poids restent constants. A ce moment les plantules desséchées sont prêtes pour les expériences de reviviscence. Dix plantules de chaque lot furent plongées dans l'azote liquide directement à son contact pendant 18 jours (420 heures) à 190° C. Dix autres plantules placées dans des tubes scellés où le vide 1/100000e avait été réalisé, furent envoyées au Laboratoire Cryogène de Leyde. M. de Haas plongea ces tubes dans l'hélium liquide pendant 9 heures à — 268°,8 et pendant 1 heure à — 271°,16 C. Les dix dernières plantules furent conservées comme témoins. Retirées de ces divers milieux, les plantules de chaque lot furent replacées sur du coton hydrophile humide, dans une atmosphère saturée à la température de 25° C. et

([1]) G. Bonnier, *Revue générale de Botanique*, 4, 1892, p. 193.

nous constatâmes 10 jours après les résultats que le tableau ci-dessous résume :

	Poids des germinations.	Poids après dessiccation.	Perte d'eau.	Plantules reviviscentes après —190° C.	après —271° C.	témoins.
	g	g	%			
Blé A	1,40	0,89	57,41	10	10	10
» B	1,59	0,95	76,60	10	10	10
» C	1,99	0,94	111,17	9	9	9
Seigle A	1,23	0,73	68,49	10	10	10
» B	1,28	0,72	77,77	10	10	10
» C	1,57	0,73	115,04	7	7	7
Luzerne A	0,13	0,020	55,5	10	10	10
» B	0,14	0,040	211,11	10	10	9
» C	0,24	0,042	471,42	0	0	0
Hélianthe A	3,20	1,79	78,21	10	10	10
» B	3,58	1,90	88,42	5	5	5
» C	3,75	1,81	100,71	0	0	0

Quand les plantules ont pu supporter sans inconvénient la déshydratation et passer ainsi à l'état d'anhydrobiose, nous constatons qu'elles peuvent résister pendant 420 heures au contact direct de l'azote liquide à —190°C. et aux actions combinées d'un haut vide et de la très basse température de l'hélium liquide entre —268°, —271°,16. C'est ce qui s'est produit pour les lots A et B, du Blé, du Seigle, de la Luzerne, où le développement des plantules a été entièrement comparable à celui des plantules témoins ayant subi la même déshydratation. Si dans les lots C il y a eu altération des racines principales du Blé et du Seigle qui ont été remplacées par des racines adventives au moment de la reviviscence, cela est dû à la dessiccation. De même la mort des plantules de la Luzerne, de l'Hélianthe, dans les lots B et C où la germination était plus avancée a été entièrement causée, non pas par les basses températures, et l'action du vide, mais auparavant pendant la déshydratation par la plasmolyse du protoplasma trop vacuolisé de leurs cellules, ayant transformé une partie de leurs réserves.

Comme nous l'avons démontré pour les graines, le vide et les basses températures arrêtant les réactions physico-chimiques de l'assimilation et de la désassimilation protoplasmiques peuvent conserver la propriété de reviviscence des plantules desséchées à l'état d'anhydrobiose.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La migration automnale du phosphore des feuilles chez les arbres*. Note de M. **R. Echevin**, présentée par M. Molliard.

J'ai montré [1] que les feuilles de jeunes *Fagus silvatica* abandonnent, au profit des organes vivaces, surtout au moment du jaunissement, une grande partie du phosphore qu'elles contiennent. En vue d'établir la généralité de cette migration, de préciser sa marche et son importance, j'ai suivi les variations absolues du phosphore insoluble et du phosphore soluble en dosant ces substances dans des fragments de feuilles de même surface, récoltés à des intervalles de temps très rapprochés, sur des arbres adultes appartenant aux espèces suivantes : *Castanea vulgaris*, *Æsculus Hippocastanum*, *Acer platanoides*, *Ampelopsis hederacea*, *Fagus silvatica*. A chaque récolte le nombre de feuilles, cueillies sur le même arbre et à la même heure du jour, était suffisant pour extraire du limbe, à l'emporte-pièce, 400 rondelles de surface identique. La première récolte a été faite le 24 août 1931 ; à cette époque la croissance de la feuille étant terminée, sa surface reste constante jusqu'à la fin de la végétation. Les récoltes suivantes se sont succédé tous les dix jours jusqu'au moment de la chute des feuilles. La séparation des deux formes de phosphore a été réalisée par l'action, à froid, sur la poudre de feuilles, d'acide trichloracétique à 10 pour 100. La substance végétale a été détruite par le mélange sulfo-nitrique; le phosphore a été dosé par la méthode de Copaux.

	Phosphore.	24 août.	10 sept.	25 sept.	30 sept.	8 oct.	19 oct.
Castanea.	Insoluble...	3,35	3,65	3,85	3,30	1,10	0,53
	Soluble....	1,65	1,40	1,45	1,40	1,58	traces
	Total......	5,00	5,05	5,30	4,70	2,68	0,53
Æsculus.	Insoluble...	6,90	5,90	7,90	6,40	1,11	–
	Soluble....	4,85	5,70	4,65	5,70	1,17	–
	Total......	11,75	11,60	12,55	12,10	2,28	–
Acer.	Insoluble...	5,25	5,65	6,50	6,45	6,95	2,30
	Soluble....	3,60	3,40	3,70	3,50	3,90	1,75
	Total.......	8,85	9,05	10,20	9,95	10,85	4,05
Ampelopsis.	Insoluble...	9,37	8,75	7,84	5,34	4,25	–
	Soluble....	11,50	14,25	14,87	11,50	11,31	
	Total......	20,87	23,00	22,71	16,84	15,56	–
Fagus.	Insoluble...	6,80	7,20	6,31	6,00	4,00	2,19
	Soluble	6,46	6,07	7,94	8,50	7,44	7,62
	Total......	13,26	13,27	14,25	14,50	11,44	9,81

(1) R. Echevin, *Rev. gén. de Bot.*, 43, 1931, p. 602.

Les résultats réunis ci-contre représentent, pour chaque espèce étudiée, les quantités de phosphore insoluble, soluble et total (exprimées en milligrammes) contenues dans la même surface foliaire ($1385^{cm^2},04$), aux différentes récoltes effectuées du 24 août au 19 octobre.

Chez le *Castanea* et le *Fagus* les premières traces du jaunissement apparurent entre le 30 septembre et le 8 octobre, le 19 octobre les feuilles étaient entièrement jaunes; les feuilles d'*Acer* étaient encore vertes le 8 octobre, le jaunissement évolua rapidement, le 19 octobre toute trace de chlorophylle avait disparu. Chez l'*Æsculus* les premières taches jaunes furent observées entre le 20 et le 30 septembre, le 8 octobre les feuilles étaient entièrement jaunes. Les feuilles d' *Ampelopsis* récoltées le 20 septembre présentaient déjà quelques taches rouges; le 8 octobre toutes les feuilles étaient rouges.

Le phosphore insoluble diminue rapidement dans les feuilles dès les premières manifestations du jaunissement; les feuilles vertes sont, en effet, beaucoup plus riches en phosphore insoluble que les feuilles entièrement jaunes; la proportion de phosphore insoluble qui passe à l'état soluble, pendant le jaunissement, varie suivant l'espèce: *Æsculus*, 86 pour 100; *Castanea*, 84 pour 100; *Acer*, 66 pour 100; *Fagus*, 63 pour 100; *Ampelopsis*, 51 pour 100. Le jaunissement correspond également, chez les cinq espèces étudiées, à une diminution du phosphore total, diminution qui s'accentue jusqu'à la mort de la feuille.

Le phosphore insoluble représentant essentiellement le phosphore protéique, la diminution du phosphore total dans les feuilles au cours du jaunissement correspondant, d'autre part, à une migration des substances phosphorées des feuilles vers les organes vivaces [1], on constate : 1° que les phénomènes de désintégration des protéines qui dominent dans la feuille au cours du jaunissement aboutissent à la solubilisation de la plus grande partie du phosphore qui entre dans la constitution de ces substances; c'est au moins la moitié du phosphore protéique qui passe à l'état soluble (*Ampelopsis*), parfois les 9/10e (*Æsculus*); la désintégration s'accomplit rapidement : dans les feuilles d'*Æsculus*, par exemple, le phosphore protéique diminue, en l'espace de dix jours, de $6^{mg},40$ à $1^{mg},11$, 2° que le coefficient de migration, c'est-à-dire le rapport de la quantité de phosphore qui émigre à la quantité de phosphore contenue dans les feuilles vertes, est très variable suivant l'espèce : *Castanea*, 0,89; *Æsculus*, 0,82; *Acer*, 0,63; *Ampelopsis*, 0,32; *Fagus*, 0,32.

(1) R. Echevin, *loc. cit.*

La migration des substances phosphorées des feuilles vers le tronc, au cours du jaunissement, est mise en évidence dans les cinq espèces étudiées. L'évacuation automnale du phosphore, en rapport avec la protéolyse active qui précède la mort des feuilles, coïncide avec l'évacuation de l'azote (¹) : faible ou nulle avant le jaunissement, elle apparaît brusquement avec celui-ci et elle s'accentue jusqu'à la chute des feuilles.

BIOLOGIE. — *Sur la fécondation chez la crevette rose du large* (Parapenæus longirostris *Lucas*). Note de Mme **H. Heldt**, présentée par M. Ch. Gravier.

Le canal déférent du mâle de *Parapenæus longirostris* Lucas contient dans son ampoule terminale un spermatophore parfaitement constitué avec un gros sac spermatique globuleux et une lame anhiste relativement réduite. Le thelycum de la femelle est formé de deux invaginations chitineuses en doigt de gant, chacun de ces sacs s'ouvrant à l'extérieur par une fente étroite. De par leur taille, leur forme et leur constitution, ces réceptables ne peuvent contenir tels quels les spermatophores du mâle. On ne les y trouve jamais, du reste, comme il est de règle chez *Penæus caramote* Risso, et les femelles fécondées se présentent avec leurs poches thélycales simplement remplies de sperme sans trace d'enveloppe ni de pièce anhiste.

On peut se demander où et de quelle façon s'est effectuée la déhiscence du spermatophore, comment a été introduit le sperme et ce qu'est devenue la lame anhiste.

Parapenæus longirostris Lucas vivant par des profondeurs supérieures à 100m et trop fragile, en outre, pour s'acclimater en aquarium, l'observation directe ne semble guère possible. L'examen d'un grand nombre de sujets prélevés dans les captures fraîches des chalutiers ou fixés à bord dès la remontée du chalut nous a toutefois permis de faire les constatations suivantes :

1° Chez certains mâles le petasma présente sur les côtés ou sur la face s'accolant au sternum, de petites masses isolées d'une matière verdâtre à consistance élastique ; placée dans l'eau de mer cette substance qui semblait solidifiée, libère sur toute sa surface des spermatozoïdes vivants qui l'auréolent bientôt complètement. Il s'agit donc là de fragments de la masse spermatique sortis de l'ampoule terminale.

(¹) R. Combes et R. Echevin, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1060.

2° Chez d'autres, cette substance spermatique apparaît en petite quantité aux orifices génitaux ou bien se présente sous forme d'un cordon épais sortant du canal déférent et le reliant au petasma sur lequel il s'étend en se modelant sur lui.

3° Nous avons constaté, sur un individu, la sortie de la masse spermatique tout entière faisant hernie à l'extérieur et présentant encore la forme globuleuse qu'elle a dans le spermatophore à l'intérieur de l'ampoule terminale. Cette dernière contenait encore la lame anhiste, ployée en gouttière à laquelle se trouvait attachée une très fine membrane déchirée.

4° Sur plusieurs autres sujets la lame anhiste, toujours en gouttière, à convexité antérieure, était en partie sortie et l'ampoule terminale se montrait alors complètement vide.

5° Toute la masse spermatique d'un seul spermatophore fut trouvée, chez un autre mâle, coiffant du côté gauche l'extrémité du petasma.

6° Nous avons aussi observé les deux masses spermatiques, droite et gauche, presque complètement sorties des ampoules terminales; soudées l'une à l'autre, elles s'étalaient sur le petasma en un bloc indivis encore rattaché aux deux orifices génitaux d'où sortaient également les lames anhistes en gouttière.

7° De nombreuses dissections de l'ampoule terminale nous ont montré enfin, la masse spermatique nue émettant par l'orifice génital une amorce de cordon spermatique, la très mince membrane d'enveloppe dont elle était débarrassée restant accolée à la lame anhiste.

Il résulte de ces diverses observations que l'émission des spermatophores et la fécondation doivent se produire de la façon suivante :

Sous l'action des muscles de l'ampoule terminale le contenu du sac spermatique déchire la fine membrane qui l'enveloppe et sort à l'extérieur soit sous forme d'un cordon épais, soit, plus rarement, en une seule masse. La substance spermatique est recueillie par le petasma qu'elle coiffe, retenue par les crochets et les replis membraneux de celui-ci et sera par lui introduite dans les poches thélycales de la femelle. La lame anhiste, reployée en gouttière, est entraînée par la suite avec les débris de l'enveloppe qui s'y trouvent soudés.

Contrairement à ce qui se passe chez *Penæus caramote* Risso, l'émission des spermatophores par le mâle n'est pas ici conditionnée par la mue.

EMBRYOGÉNIE. — *La ligne primitive des Amphibiens, phase nouvelle du développement révélée par les marques colorées.* Note de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Maurice Caullery.

La plupart des embryologistes ont admis chez les Amphibiens, depuis les travaux de Roux (1888), d'Hertwig (1892), de Morgan (1897), de Brachet (1903), etc., l'existence d'une ligne primitive, accompagnée ou non (O. Schultze, 1891) de concrescence des lèvres latérales du blastopore; cette ligne primitive, généralement conçue comme un épaississement cellulaire réunissant les trois feuillets, présente, suivant les auteurs, une longueur différente; elle est très courte (Brachet), ou assez longue (van Bambeke, 1880; Eycleshymer, 1902), ou très longue (A. Johnson, 1884; O. Schultze, 1891; Simoes Raposo, 1925-1932); ses caractères, son évolution varient en somme suivant la conception admise par les savants sur le mode général d'édification du germe. Tout récemment, W. Vogt (1), à la suite de recherches effectuées sur un grand nombre d'Urodèles et d'Anoures par son procédé des marques colorées, conclut, au contraire, au manque de ligne primitive et de concrescence dans le développement des organes axiaux. La fixation des colorants vitaux sur les coupes à la paraffine (2) m'a permis de constater, chez *Discoglossus pictus*, par le parcours des cellules colorées, que la lèvre dorsale, après la gastrulation, est le siège d'une ligne primitive qui fournit le matériel chordo-somitique du tiers postérieur du tronc.

La ligne primitive de la lèvre dorsale apparaît quand, sur le blastopore circonscrit, la lèvre ventrale commence à s'enrouler; elle coexiste avec une invagination persistante de l'ectoderme, qui, au lieu de s'effectuer en nappe large, se concentre au toit archentérique en une bande étroite qui est l'hypochorde du tronc. L'enroulement bilatéral de la ligne primitive s'effectue non seulement en avant de la lèvre dorsale et à son pourtour postérieur, mais part aussi de cette hypochorde, de telle sorte que deux enroulements pairs issus l'un de la surface externe, l'autre du toit archentérique, s'affrontent et se rejoignent en direction dorso-ventrale dans l'épaisseur de la lèvre dorsale, et sont eux-mêmes réunis en arrière par le bouquet des éléments qui pénètrent au saillant de cette lèvre.

(1) Walter Vogt, *Roux' Archiv*, 120, 1929, p. 384-707; 95 figures.
(2) P. Wintrebert, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1013.

Deux étapes successives doivent être distinguées dans l'évolution de la ligne primitive. La première, intermédiaire dans le temps entre la fin de la gastrulation dorsale et le début de la neurulation, comprend l'enroulement bilatéral sur les trois régions de la lèvre dorsale : *a*, en avant du blastopore, sur 60° environ de la circonférence ovulaire, au niveau du sillon médian de van Bambecke (1880 et 1895); *b*, au pourtour postérieur de la lèvre; *c*, au toit archentérique. La seconde, plus tardive, contemporaine de la neurulation, ne présente d'enroulement bilatéral qu'en arrière et en dessous de la lèvre dorsale; sur la surface externe, en avant d'elle, le sillon médullaire, qui s'est substitué au sillon médian, n'envoie plus de cellules colorées dans la profondeur (contre S. Raposo).

Les volutes d'enroulement droites et gauches ne s'engrènent pas et les cellules issues d'un côté se distribuent du même côté; le terme de concrescence ne répond donc pas au processus et celui de coalescence doit lui être préféré. On ne peut parler non plus, pour expliquer l'allongement de l'embryon, d'une fusion des lèvres latérales, puisque, tout au moins pour les régions externe et interne préblastoporales, la pénétration des cellules se fait au sein même de la lèvre dorsale, qui reste impaire et sans solution de continuité.

Extérieurement, le déplacement bilatéral de l'ectoderme vers la ligne médiane est dénoncé par la diminution de largeur des marques placées au-devant du blastopore sur le sillon médian. Sur les coupes transversales, on voit les doubles gerbes de cellules colorées venant soit de la surface dorsale, soit du toit archentérique, se rejoindre dans la tige chordo-mésodermique de rallonge, puis, à un stade plus avancé, dans la chorde et les somites différenciés; elles se rencontrent au centre des ébauches. Les coupes sagittales de très jeunes têtards montrent les trajets des cellules colorées aboutissant à l'axe de la chorde dans le tiers postérieur du tronc; au toit archentérique, les cellules montent de l'hypochorde; elles traversent le plancher du canal médullaire quand elles viennent du dos. L'enroulement est très actif au pourtour semi-circulaire postérieur de la lèvre dorsale pendant la phase neurulaire; l'absence de discontinuité dans la série des trajets dorsaux, malgré la cessation du processus au niveau du sillon médullaire, doit s'interpréter par la persistance des apports cellulaires au saillant de la lèvre dorsale qui s'allonge et recule par additions successives de matériel.

Les grands mouvements de l'ectoderme, révélés par les marques colorées, règlent la forme de l'œuf en développement et doivent en conséquence servir à la définition précise des stades; la gastrulation résulte de déplace-

ments dirigés principalement d'avant en arrière, dans le sens méridien; le stade de ligne primitive externe répond à des déplacements péristomaux orientés surtout dans le sens transversal; ceux-ci persistent en arrière pendant la neurulation; mais la formation du système nerveux dépend de larges mouvements de conversion des faces latérales en avant et en dedans.

Le territoire de la lèvre dorsale ne peut plus être considéré comme une ébauche dérivée d'un seul processus et il conviendra dorénavant, dans une étude expérimentale, de définir avec soin le moment de l'opération.

La ligne primitive des Amphibiens, recourbée en U autour de la lèvre dorsale, revêt des caractères spéciaux; mais le fait de son existence introduit dans la conception générale du développement des Vertébrés un terme nouveau de comparaison, susceptible de rapprocher l'embryogenèse des Anamniens de celle des Amniotes.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur une expérience permettant d'obtenir la régénération de la tête en l'absence certaine de la chaîne nerveuse ventrale ancienne chez les Lombriciens.* Note de M. **Marcel Avel**, présentée par M. M. Caullery.

Le problème de l'influence du système nerveux dans la régénération de la tête chez les Annélides n'a pas encore reçu de solution satisfaisante. J'ai publié précédemment (*Comptes rendus*, 191, p. 78) les résultats d'une série d'expériences montrant la nécessité de la présence de la chaîne nerveuse ventrale pour l'*obtention de têtes surnuméraires* chez les Lombriciens, en accord avec la conception de Morgan, pour lequel la chaîne nerveuse ventrale serait indispensable à la *régénération de la tête* chez ces animaux. L'opinion de Morgan est combattue par Goldfarb (*J. exp. Zool.*, 7, p. 643) qui, chez *Lumbricus* sp., — ayant enlevé les cinq premiers segments, puis, sans léser la paroi du corps, arraché avec des pinces la chaîne nerveuse ventrale sur une longueur de 2 à 11 segments en arrière de la section — n'a vu la régénération de la tête inhibée définitivement que chez la moitié des sujets environ. Chez trois au moins de ceux qui avaient régénéré une petite tête fonctionnelle, la chaîne nerveuse ancienne était séparée du régénérat par plusieurs segments. Cette expérience a été répétée récemment par Siegmund (*Biol. gen.*, 4, p. 337). La technique simple employée par Goldfarb et Siegmund prête à une sérieuse critique. La chaîne nerveuse simplement sectionnée régénère aussitôt et il n'est pas impossible que, même dans le cas où les colorations histologiques ordinaires ne montrent

aucune relation visible entre la chaîne nerveuse ancienne et le régénérat de tête, un petit nombre de fibres nerveuses régénérées, échappant à l'examen, soient parvenues à la surface de section et aient suffi à déclencher la régénération.

Je me suis attaché à réaliser une expérience analogue sur *Eisenia fœtida*, en éliminant cette cause d'erreur.

J'effectue pour cela deux opérations successives :

a. Dans la première, au moyen d'une incision sur la ligne médiane ventrale, je mets à nu la chaîne nerveuse du troisième au dixième segment; je coupe, aussi loin que possible des ganglions, les nerfs qui la relient au corps; je sectionne en son milieu la portion dénudée, et dévie chaque tronçon dans une fente pratiquée dans la paroi latérale du corps, au troisième segment pour le tronçon antérieur, au dixième pour le tronçon postérieur. Les plaies sont ensuite refermées et suturées. Ainsi, les sections de la chaîne nerveuse à partir desquelles cette dernière pourrait régénérer se trouvent engagées chacune dans une cicatrice du tégument, où elles provoquent souvent la formation de petites têtes surnuméraires, et l'animal se trouve dépourvu de chaîne nerveuse du troisième au dixième segment d'une manière définitive.

b. Après guérison, les cinq premiers segments céphaliques sont enlevés. La section se trouve ainsi séparée d'une manière permanente par quatre segments au moins de la portion restante de la chaîne nerveuse.

Dans ces conditions, la régénération fait totalement défaut dans plus de la moitié des cas. Il apparaît dans d'autres cas un blastème de régénération assez volumineux, mais qui finit par régresser sans se différencier. Enfin, dans 13 animaux sur 55 opérés, il s'est développé une tête comprenant deux à quatre segments bien constitués, mais de taille réduite. L'étude physiologique des mouvements et de la réaction aux piqûres chez tous les sujets, ainsi que l'étude histologique de 14 d'entre eux, m'ont permis de m'assurer que la chaîne nerveuse ancienne n'avait régénéré que dans un seul cas. *La régénération de la tête est donc possible en l'absence certaine de la chaîne nerveuse ventrale sur la section.*

Tous les régénérats obtenus de cette manière et montrant au moins l'amorce d'une différenciation étaient pourvus d'une ébauche de cerveau et parfois même de ganglions sous-œsophagiens, qui n'ont aucune connexion anatomique ou physiologique avec la chaîne nerveuse ancienne, et qui se constituent d'une manière autonome aux dépens de certains éléments du blastème. L'étude physiologique montre que, même au bout de deux mois et dans un régénérat bien différencié, un tel cerveau n'est aucunement fonctionnel. Sa formation paraît donc être plutôt une conséquence qu'une cause de la régénération.

Les sujets soumis aux expériences précédentes ont été accompagnés de témoins ayant subi des traumatismes du tégument seul, puis la section de la tête au même niveau. Ces témoins, pourvus d'une chaîne nerveuse intacte, ont régénéré dans tous les cas, et plus vite que les animaux privés de chaîne nerveuse. Celle-ci paraît ainsi exercer sur la régénération une influence favorisante, mais des expériences que je publierai prochainement montrent qu'une telle influence n'est pas certaine.

Il importe de remarquer que les expériences précédentes ne démontrent nullement la possibilité d'une régénération de la tête en l'absence *totale* du système nerveux. Ce dernier problème ne semble pas pouvoir être abordé chirurgicalement chez les Lombriciens. Leur peau est, en effet, semée de neurones sensibles, dont seul un fragment distal du cylindre-axe peut être enlevé avec la chaîne nerveuse. Il existe en outre vraisemblablement chez les Lombriciens des réseaux nerveux étendus, tous dispositifs inaccessibles à l'ablation chirurgicale.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Actions des ondes ultra-sonores sur les cellules isolées en suspension.* Note de MM. **E. Biancani**, **H. Biancani** et **A. Dognon**, présentée par M. A Desgrez.

Nous présentons dans cette Note un ensemble de faits préliminaires à l'étude du mécanisme d'action des vibrations ultra-sonores et de leurs effets sur les tissus et les organismes. Certains d'entre eux ont d'ailleurs déjà été observés par d'autres auteurs (en particulier par Harvey et Loomis, Wood et Loomis),

Le générateur d'ultra-sons est un quartz piézo-électrique, dans l'huile, de 7^{cm} de diamètre et 1^{cm} d'épaisseur. Sa fréquence propre est de 250 kilocycles. Il est alimenté par un générateur à lampe susceptible d'une puissance supérieure à 1 kilovolt-ampère, mais que nous n'avons pas utilisé à des puissances dépassant 0,5 kilovolt-ampère (70 milliampères sous 7 kilovolts de tension plaque environ).

Nous laisserons de côté ici les effets physiques curieux qu'il est ainsi possible d'observer, pour nous attacher seulement à l'observation du comportement de cellules isolées, protozoaires (paramécies) ou hématies (grenouille et homme) soumises à la vibration, dans des conditions différentes et à

l'abri des variations thermiques (très considérables) qui peuvent se développer.

Les suspensions de cellules ont été étudiées dans quatre conditions différentes : 1° en tube à essai dont le fond plonge dans le bain vibrant; 2° en tube capillaire (diamètre inférieur à 3^{mm}); 3° en goutte, mise en vibration à l'aide d'une tige de verre dont une extrémité effilée est en contact avec elle et l'autre avec le bain vibrant; 4° en goutte directement posée sur le quartz vibrant. Dans ces deux derniers cas, l'observation est faite directement, sous le microscope.

Les phénomènes sont fondamentalement les mêmes pour les deux sortes de cellules étudiées. La suspension étant placée dans un tube à essai, on obtient, en quelques dizaines de secondes, au régime maximum utilisé, une destruction cellulaire à peu près complète, le microscope ne montrant plus que de menus débris protoplasmiques. Dans le cas des hématies, il y a hémolyse totale.

Ce phénomène dépend d'une façon précise de la *concentration en cellules*. Au-dessous d'une certaine concentration (par exemple deux gouttes d'hématies concentrées dans deux centimètres cubes de sérum physiologique), l'hémolyse se produit dans le temps indiqué. Au-dessus de ce seuil (par exemple pour trois gouttes d'hématies), des durées trente fois supérieures n'amènent aucun effet. L'étude des différents facteurs qui influent sur le phénomène ne peut trouver place ici.

Dans un tube de petit diamètre (inférieur a 3^{mm}), les choses sont différentes. On obtient, surtout avec les hématies, de beaux systèmes d'ondes stationnaires. Les cellules se répartissent toutes en plans équidistants, espacés d'environ trois millimètres ; les portions intermédiaires en sont absolument dépourvues. Ces systèmes ont une stabilité qui est liée, de manière très délicate, à la précision de l'accord et on peut les faire apparaître ou disparaître pour de légères variations de la capacité du circuit. Dans ces conditions, même au prix de poses prolongées, on n'obtient aucune lésion cellulaire et aucune hémolyse.

La destruction des cellules en suspension est extrêmement sensible à la *pression*. Une surpression de $0^{atm},5$ à 1^{atm} dans le tube à essai contenant les infusoires ou les hématies empêche toute action. Simultanément la *cavitation*, c'est-à-dire le dégagement de bulles gazeuses au sein du liquide, est pratiquement empêchée. Elle se produit, au contraire, avec intensité à la pression atmosphérique et constitue une des conséquences les plus curieuses

de l'état vibratoire ultra-sonore d'un liquide. Pour cette raison, les auteurs précédemment cités admettent une relation étroite entre la cavitation et la destruction cellulaire. Nous croyons qu'il n'en est rien, car sous le microscope, on peut observer l'altération d'une cellule avec une énergie extrêmement réduite et sans aucune apparence de bulles gazeuses.

L'observation microscopique de gouttes vibrantes contenant des cellules permet d'intéressantes constatations. Si la vibration est transmise par l'intermédiaire d'une tige de verre effilée à son extrémité, les infusoires ne sont pas affectés tant qu'ils restent éloignés de la pointe. S'ils arrivent à son voisinage, ils sont animés de mouvements tourbillonnaires violents et s'immobilisent bientôt ou même éclatent.

En disposant la goutte sur un quartz vibrant placé sur la platine du microscope, les effets obtenus sont beaucoup plus intenses. Avec une énergie de quelques dizaines de watts, on observe des mouvements tourbillonnaires du liquide et des déformations de la goutte qui change de sens suivant l'accord et, brusquement, pour un accord extrêmement précis, il se produit une explosion à la suite de laquelle aucun infusoire ne subsiste plus. Quelques granulations éparses représentent seules leurs débris. Pour pouvoir saisir le processus de cette véritable volatilisation, il faut abaisser l'énergie au-dessous d'une dizaine de watts. On voit alors les paramécies elles-mêmes entrer en vibration, de sorte que leurs contours deviennent brusquement flous. Rapidement se produisent des déchirures de la membrane ou des fragmentations complètes. Il peut y avoir des altérations moins violentes ; on assiste alors à une incurvation du corps cellulaire ou à des hernies protoplasmiques n'entraînant pas la mort immédiate. *La production de ces phénomènes dépend essentiellement de la forme ou du volume de la goutte:* dans une goutte très plate, les cellules ne sont pas affectées.

Les lésions observées sur les cellules qui ont fait l'objet de nos expériences et, spécialement, sur les paramécies, ne ressemblent en rien à celles que l'on peut produire par les autres agents physiques. Elles évoquent l'idée d'un phénomène purement mécanique, d'une véritable explosion. Quant à sa cause, cavitation (ce qui nous semble peu probable), pression de radiation, ou autre, nous ne pouvons actuellement nous prononcer.

PROTISTOLOGIE. — *Sur le genre* Podamphora *et ses relations avec les Ebriacées*. Note [1] de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. F. Mesnil.

Podamphora est un genre récemment créé par Gemeinhardt [2] pour un organisme siliceux fossile du dépôt tertiaire marin à Diatomées de Karand, Hongrie. Nous connaissions depuis longtemps déjà l'espèce qu'il a décrite (*Podamphora Elgeri*), du même dépôt, mais nous en avions différé la publication, le seul exemplaire que nous en possédons étant brisé (*fig.* 1). Nous avons, depuis, reconnu l'existence d'une série de formes bâties sur le même type que *Podamphora Elgeri* Gemeinhardt et *Podamphora japonica* (Gem.) Defl. (= *Pod. Elgeri* var. *japonica* Gemeinhardt).

L'espèce type du genre, *Podamphora Elgeri*, se présente sous la forme d'une sorte d'amphore à paroi pleine, unie à un trépied asymétrique formé de baguettes siliceuses pleines, souvent munies d'une crête plus ou moins dentelée, parfois ajourée. La loge ne porte qu'une seule ouverture antérieure, que nous considérons comme un pseudostome. Peut-être y a-t-il parfois une perforation postérieure, mais ce fait demande vérification. De toute manière, la loge n'est pas à paroi faite d'un réseau, ainsi que semble le croire Hovasse [3], ce qui le conduit à rapprocher *Podamphora Elgeri* du Gymnodinien *Monaster rete* Schütt.

Le col, court, est souvent lacinié, et ceci évoque de suite l'existence d'un corps plasmique ayant vécu à l'intérieur de l'urne, d'où il aurait envoyé, par le pseudostome, des pseudopodes desquels nous ne savons naturellement rien.

Cette structure type, amphore ou poche munie d'un pied squelettique ajouré, se retrouve dans toutes les formes de *Podamphora* que nous avons étudiées.

Or Gemeinhardt, en décrivant *Podamphora Elgeri*, remarquait que sa partie inférieure rappelait fortement le squelette d'*Ebria*. Ce rapprochement, hypothétique alors, se trouve maintenant confirmé et démontré, grâce aux diverses formes que nous avons découvertes, *dont les « pieds » sont constitués par des squelettes décrits déjà et classés dans les Ebriacées.*

Ainsi, nous avons précédemment indiqué qu'*Ebria antiqua* Schulz se

(1) Séance du 6 juin 1932.

(2) *Ber. d. Deutsch. Botan. Gesell.*, 49, 1931, p. 107.

(3) *Bull. Soc. Zool. de France*, 47, 1932, p. 128.

retrouvait à la partie inférieure d'un *Podamphora* (1) que nous appelions alors *Podamphora antiqua*. Parmi les figures données ici, *Podamphora ampulla* nov. spec. (du dépôt à Diatomées marines de Jackson's Paddock, Oamaru, Nouvelle Zélande) (*fig.* 4) porte à sa partie postérieure des squelettes d'un *Ebria antiqua* var. *rectangularis* Schulz (*Ammodochium prismaticum* Hovasse) *sens. lat.* tandis que *Podamphora Mesnili* nov. spec.

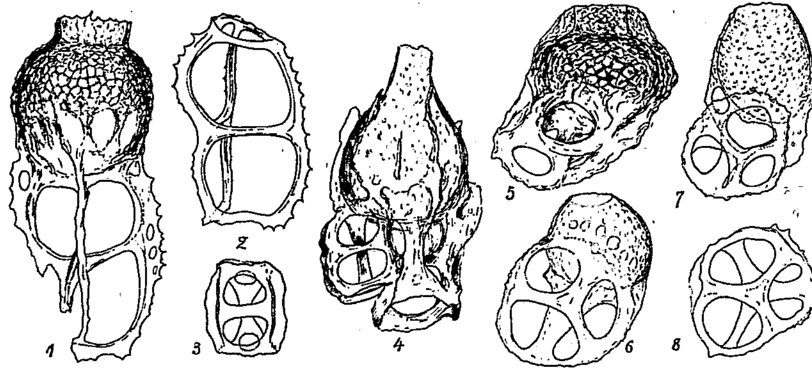


Fig. 1, *Podamphora Elgeri;* fig. 2, *Parammodochium gracile;* fig. 3, *Ammodochium spec.;* fig. 4, *Podamphora ampulla;* fig. 5, *Podamphora lata;* fig. 6 et 7, *Podamphora Mesnili;* fig. 8, *Ebriopsis antiqua*. Grossissement : 583.

[de Bains Farm, Oamaru, (*fig.* 6), ou de Kusnetzk, Russie (*fig.* 7)], *Podamphora lata* nov. spec. [de Sendai et Setanaigori, Japon (*fig.* 5)] sont tous deux munis d'un *Ebria antiqua* Schulz [*Ebriopsis antiqua* (Sch.) Hovasse] *sens. lat.*

Des relations évoquées par Gemeinhardt entre Podamphora *et les Radiolaires ou les Chrysomonadines, il n'est donc plus question.* De même, *Podamphora* ne saurait plus en aucune façon *être considéré comme le squelette interne d'un Gymnodinien.*

Sommes-nous donc, alors, en présence d'un cycle évolutif comprenant un stade rhizopodique et un stade flagellé (dinoflagellé?), ou bien en face d'un simple exemple de choix exclusif de matériaux pour la construction d'une loge? Les exemples de Rhizopodes *choisissant* les matériaux exogènes pour leur loge sont nombreux. Il n'en est pas, cependant, d'identique à *Podamphora* dont l'urne, entièrement siliceuse et homogène, est très particulière. Mais ceci ne saurait *a priori* faire repousser cette hypothèse. Par

(1) *Bull. Société française de Microscopie*, 1, 1932, séance du 21 décembre 1931, p. 19, fig. 56-58.

ailleurs, celle-ci nous paraît plus probable et plus logique que celle du cycle évolutif supposé plus haut. Un tel cycle, en effet, comportant un stade flagellé à squelette interne et un stade rhizopodique loriqué, n'est ni étayé, ni rendu probable par aucun fait connu chez les Protistes actuels. En supposant que les *Podamphora* soient des Rhizodininées dont les Ebriacées seraient le stade flagellé, on peut encore — quoique avec peine — concevoir le passage de l'Ebriacée au Rhizopode, mais on ne s'explique vraiment pas le passage d'un stade *Podamphora* à un stade *Ammodochium* par exemple. D'autre part certains faits concernant les Ebriacées, sur lesquels nous reviendrons ailleurs, rendent encore plus improbable cette interprétation de *Podamphora*.

Dans ces conditions, nous sommes conduit à admettre que *Podamphora* est un Rhizopode qui choisit exclusivement des Ebriacées pour orner le fond de sa loge, à l'instar de certaines Difflugies qui agissent de même vis-à-vis des Diatomées.

Le genre *Podamphora* constituera donc le type d'une famille nouvelle de Rhizopoda, les *Podamphoraceæ*, famille que nous serions enclin à rapprocher des *Testacea-Allogromiidæ*, mais que nous éloignons en tout cas résolument des Radiolaires.

Ajoutons encore qu'en ce qui concerne *Podamphora Elgeri* Gem., notre interprétation nous amène à discriminer l'Ebriacée qui forme son pied, Ebriacée que l'on rencontre souvent seule et libre, et à laquelle nous donnons le nom de *Parammodochium gracile*, nov. gen. nov. spec. (*fig*. 6).

BACTÉRIOLOGIE. — *La fonction fluorescigène chez les Bactéries phytopathogènes*. Note (1) de M. F. Labrousse.

L'apparition d'une teinte jaune verdâtre fluorescent dans le milieu de culture au cours du développement de certaines Bactéries est un caractère cultural bien connu.

Signalée assez souvent chez des Bactéries phytopathogènes, cette propriété d'élaborer dans le milieu de culture un pigment fluorescent n'a cependant pas toujours été rapportée, pour une même espèce, par les divers expérimentateurs. Il est généralement déclaré que ce caractère, nettement

(1) Séance du 25 avril 1932.

manifesté par des isolements récents de certaines espèces, disparaît rapidement au cours de leur conservation en culture pure.

Ayant poursuivi des recherches sur deux Bactéries phytopathogènes : *Bacterium tabacum* Wolf et Foster et *B. medicaginis* var. *phaseolicola* Burkholder, agents respectifs du Feu sauvage du Tabac et de la Graisse du Haricot, nous avons pu leur reconnaître la manifestation constante d'une fluorescence nette au cours de leur développement sur un milieu à base d'extrait de viande peptoné répondant à la formule suivante :

Extrait de bœuf Liebig	5^g
Peptone Chapoteau	10^g
Chlorure de sodium	5^g
Phosphate de magnésium	2^g
Eau distillée	1000^{cm^3}

(Réaction réajustée à pH = 7.)

Ce milieu était utilisé tel quel (bouillon) ou après adjonction de gélatine (150^g par litre) ou de gélose (15^g par litre).

Ayant recherché, par voie de soustractions successives, s'il était possible d'attribuer la manifestation si constante de la fluorescence que nous avions observée à l'un des constituants de notre milieu de culture, il nous a été possible de reconnaîre que *cette fluorescence était étroitement conditionnée par la présence du phosphate de magnésium.* En effet, à une diminution ou à une suppression complète de ce sel correspond une diminution ou une suppression complète de la fluorescence.

Nos observations relatives à *B. tabacum* et *B. medicaginis var. phaseolicola* correspondent exactement aux conclusions auxquelles sont arrivés Lasseur et ses collaborateurs (1), à la suite de recherches sur la fonction fluorescigène chez *B. caryocyaneus*. Ces auteurs ont en effet établi que cette Bactérie n'est capable d'élaborer un pigment fluorescent que lorsqu'elle se développe dans un milieu de culture renfermant simultanément du phosphore et du magnésium.

L'existence de la fonction fluorescigène chez les espèces bactériennes phytopathogènes nous semble donc pouvoir se préciser davantage qu'elle ne l'a été jusqu'ici, grâce à l'emploi de milieux de culture répondant quant

(1) Ph. Lasseur, G. Thirg, A. Dupoix et M. Olivier, *Influence du phosphore et du magnésium sur la fonction fluorescigène* (*Lab. de Microb. Fac. Pharm. Nancy*, III, 1930, p. 33-52).

à leur composition aux conditions nécessaires à la manifestation de cette fonction.

La mise en évidence du caractère fluorescigène chez une espèce bactérienne phytopathogène ne peut évidemment que contribuer à la connaissance de l'ensemble des caractères culturaux pouvant servir à son identification. Il ne saurait bien entendu être question de tirer de cette connaissance des conclusions destinées à considérer la présence de ce caractère fluorescigène comme justifiant l'analogie de toutes les espèces banales ou phytopathogènes présentant ce caractère. En effet, si Griffon a pu, en 1909 (1) faire heureusement remarquer que les espèces mal définies par Prillieux et Delacroix sous le nom de *Bacillus caulivorus*, *B. brassicævorus* et *B. æruginosus* ne sauraient être distinguées de l'espèce saprophyte banale *B. fluorescens*, il ne saurait en être conclu, comme le fit cet auteur, que cette notion établie sur des expériences mal conduites et mal interprétées réalisées par E. Laurent fut infirmée plus tard par Hauman-Merck (2) et tout récemment par Miss M. Lacey (3).

La précision des conditions requises pour la mise en évidence d'un caractère chez les Bactéries n'a d'importance dans notre esprit qu'en ce qu'elle peut contribuer à l'établissement de cet ensemble de caractères ayant toujours jusqu'à présent permis de distinguer nettement les espèces phytopathogènes des espèces banales.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Contrôle, par épreuve sur* Macacus rhesus, *du pouvoir protecteur du sérum des hommes vaccinés contre la fièvre jaune avec le virus de souris*. Note de MM. **A. W. Sellards** et **J. Laigret**, présentée par M. F. Mesnil.

Nous avons fait connaître, dans une Note antérieure, les résultats de nos essais de vaccination de l'homme contre la fièvre jaune à l'aide du virus amarilique, entretenu par passages dans le cerveau de la souris (virus Max Theiler).

(1) Ed. Griffon, *Sur le rôle des bacilles fluorescents de Flügge en Pathologie végétale* (*Comptes rendus*, 149, 1909, p. 50-53).

(2) L. Haumann-Merck, *Contribution à l'étude des altérations microbiennes des organes charnus des plantes* (*Ann. Inst. Pasteur*, 27, 1913, p. 501-502).

(3) Margaret S. Lacey, *Studies in Bacteriosis*, XIX. *Researches on the group of green-fluorescent bacteria* (*Annals Appl. Biol.*, 18, 1931, p. 180-186).

De l'observation de cinq sujets, inoculés avec ce virus, nous avons pu conclure :

1° Que le virus tué (par le chloroforme) ne détermine aucune modification humorale pouvant être interprétée comme un test d'immunité;

2° Que le virus vivant de souris, inoculé à une dose correspondant à 1/5000e de cerveau de souris, produit, sans aucune réaction appréciable, l'apparition rapide de substances protectrices dans le sérum des sujets inoculés.

Ces substances protectrices n'avaient pu être mises en évidence que par l'épreuve de l'inoculation du mélange sérum-virus à la souris (voie intracérébrale).

Ultérieurement, les sérums de trois des sujets vaccinés ont été éprouvés sur singes (*Macacus rhesus*).

Technique employée. — Injection dans le péritoine du singe de 3^{cm^3} du sérum à éprouver; deux heures plus tard, inoculation du virus constitué par un broyage de foie de singe infecté. Les animaux d'épreuve ont été inoculés avec 1^{cm^3} de ce broyage dont $0^{cm^3},00001$ a provoqué, au sixième jour, la mort d'un singe témoin avec lésions nécropsiques de fièvre jaune.

Les épreuves ont donc été pratiquées dans des conditions exceptionnellement sévères. Leurs résultats ont été les suivants :

Premier sujet vacciné.

Le sujet avait reçu, les 24 et 30 octobre 1931, deux injections de virus tué par le chloroforme. A la suite de ces injections, pouvoir protecteur pour la souris : nul.

Il reçut ensuite, les 11, 22 et 29 novembre, puis les 7 et 16 décembre, des doses progressives de virus vivant, depuis $0^{cm^3},5$ d'émulsion de cerveau à 1/1 000 000e jusqu'à 3^{cm^3} d'émulsion à 1/10e. Après les trois premières inoculations de virus vivant, le pouvoir protecteur pour la souris était égal à 6/6 (six souris inoculées, six protégées; six souris témoins, six mortes).

Épreuve du sérum sur singes :

Sérum avant traitement : protection nulle; *M. rhesus*, mort de fièvre jaune au sixième jour.

Sérum après virus tué (chloroforme) : protection nulle; *M. rhesus*, mort de fièvre jaune au sixième jour.

Sérum 34 jours après la fin du traitement : protection; singe en parfait état, n'a rien présenté.

(Une épreuve, encore plus sévère, a été faite avec ce dernier échantillon de sérum : un *M. rhesus*, injecté avec seulement 1^{cm^3} de sérum, a reçu ensuite l'inoculation virulente; l'animal paraît en mauvais état au sixième jour, puis guérit sans avoir eu la moindre fièvre).

Deuxième sujet vacciné :

Ce sujet avait reçu d'abord, le 7 décembre, 1^{cm^3} de virus souris à $1/10000^e$; cette première inoculation avait provoqué un pouvoir protecteur pour souris égal à 5/5. Le 21 décembre, il avait recu 1^{cm^3} d'émulsion au $1/10^e$. Cinquante-cinq jours après la dernière inoculation, son sérum protégea quatre souris sur quatre.

Épreuve du sérum sur singes :

Sérum avant traitement : protection nulle; *M. rhesus* mort de fièvre jaune au cinquième jour.

Sérum après la première inoculation : première épreuve douteuse; deux *M. rhesus* morts au neuvième jour sans diagnostic possible; foie normal chez les deux animaux.

Deuxième épreuve; protection : un *M. rhesus* résiste sans le moindre signe d'infection à une inoculation virulente qui tue le témoin au troisième jour.

Cette expérience confirme que la dose infinitésimale de 1^{cm^3} d'une émulsion de cerveau de souris à $1/10000^e$ (correspondant à $1/5000^e$ de cerveau de souris) suffit pour donner à l'homme l'immunité. Cette immunité avait été démontrée par l'épreuve des sérums sur souris. Le résultat est identique sur singes, malgré les conditions extrêmement sévères dans lesquelles l'expérimentation a été faite.

Troisième sujet vacciné :

Ce sujet a reçu, comme le précédent, une première injection de 1^{cm^3} de virus souris au $1/10000^e$. La deuxième injection, pratiquée un mois plus tard, était destinée à éprouver la tolérance (des sujets vaccinés) vis-à-vis de doses très fortes de virus souris : cette deuxième injection a été de 3^{cm^3} d'émulsion à $1/10^e$ de centimètre cube qui correspond aux 3/4 environ d'un cerveau de souris (environ 3000 unités immunisantes). Comme cela était à prévoir d'après nos recherches antérieures, il n'y a pas eu la moindre réaction.

Épreuve du sérum sur singes :

Sérum avant traitement : protection nulle; *M. rhesus* mort de fièvre jaune au cinquième jour.

Sérum après les deux inoculations protectrices : protection; fièvre du *M. rhesus* aux troisième et quatrième jours, puis guérison.

(Une épreuve plus sévère donne les mêmes résultats favorables sur un singe protégé avec seulement 1^{cm^3} du même sérum.)

Conclusions. — L'inoculation à l'homme du virus amarilique, affaibli par passages dans le cerveau de la souris, produit, dans les conditions que nous avons antérieurement indiquées, une immunité d'un degré remarquablement élevé, mise en évidence par les épreuves de protection, non

seulement de la souris contre le virus-souris, mais des singes sensibles, contre le virus humain normal entretenu par passages sur *M. rhesus*.

Depuis notre première Note, nous avons procédé, sans le moindre incident, à de nouvelles vaccinations de l'homme contre la fièvre jaune à l'aide du virus-souris. Le treizième cas est en cours à l'heure actuelle.

ENTOMOLOGIE MÉDICALE. — *Adaptation à la vie submergée hivernale chez les larves d'*Anopheles plumbeus. Note de MM. **E. Roubaud** et **J. Colas-Belcour**, présentée par M. F. Mesnil.

L'*Anopheles plumbeus* Hal. et St. (= *nigripes* Stæger) est un moustique répandu dans les régions boisées et froides de l'Eurasie. Il compte parmi nos espèces indigènes des environs de Paris, et ses larves ont été retrouvées par Christophers et James (*A. barianensis*) jusque dans l'Himalaya Occidental, à 8000 pieds d'altitude. Les larves se développent habituellement dans les petites collections d'eau des trous d'arbres. Elles passent tout l'hiver, comme nous l'avons montré ([1]), en condition d'activité réduite obligatoire (asthénobiose) non réactivable par la chaleur. Elles peuvent tolérer l'action modérée de la glace (Galli-Valerio, Blacklock et Carter).

Mais alors que les larves de la très grande majorité des espèces anophéliennes connues sont caractérisées par leur position horizontale à la surface des eaux, où elles respirent à l'air libre, celles de l'*A. plumbeus*, au moins pendant l'hiver, séjournent le plus souvent dans la profondeur. Elles se tiennent généralement en immersion complète, suspendues verticalement par leurs soies caudales aux aspérités de la paroi, la région céphalique orientée vers le bas.

Cette position, tout à fait exceptionnelle pour une larve d'Anophèle, nous a incités à penser que, tout au moins pendant la période hibernale, la larve d'*A. plumbeus* ne présente que des besoins respiratoires très faibles, qui peuvent être en grande partie satisfaits par une hématose tégumentaire ou branchiale (malgré le faible développement des branchies dans cette espèce), et sans intervention de la respiration stigmatique. Cette adaptation doit permettre aux larves de résister à la prise en glace superficielle des collections d'eau où elles hivernent.

([1]) E. Roubaud et J. Colas-Belcour, *La torpeur hivernale obligatoire chez nos moustiques indigènes* (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 871).

La possibilité pour les larves de Culicides de respirer en profondeur à l'aide de leurs branchies anales a été reconnue pour la première fois par da Costa Lima (1914) qui a vu survivre des larves de *C. fatigans* et de *Stegomyia* maintenues immergées dans une eau bien aérée et renouvelée.

St. Konsuloff (1922) a expérimenté dans des conditions plus strictes, se rapprochant davantage de celles réalisées naturellement dans les collections d'eau isolées de l'air extérieur par une couche de glace superficielle. Il a reconnu que des larves de *C. pipiens* et d'*A. maculipennis*, placées sous une couche d'huile de paraffine en eau non renouvelée, peuvent respirer branchialement sous l'eau; mais leur résistance ne dépasse pas 24 heures et seulement à température voisine de 0° C.

Ces expériences n'ont malheureusement pas été réalisées sur des espèces hivernant normalement à l'état de larves. Il était indiqué de les reprendre avec l'*A. plumbeus*.

Nous avons tout d'abord reconnu que des larves hivernantes de cette espèce, placées en condition d'immersion continue, à la température du laboratoire (20° C.), dans une éprouvette renversée sur une cuve à eau, peuvent survivre pendant une quinzaine de jours.

Nous avons alors réalisé des expériences d'immersion à basse température, en collection d'eau strictement isolée de l'air extérieur, d'après le dispositif de Konsuloff.

Les larves étaient placées en tubes Borrel, dans 50^{cm^3} d'eau de robinet, recouverte d'une couche d'huile de paraffine bien neutre, de 4^{mm} d'épaisseur. Mises à la glacière (entre $-2°$ et $+4°$ C.) elles étaient maintenues dans le même liquide sans aération nouvelle jusqu'à la fin de l'expérience.

Nous avons comparé dans ces conditions la résistance de larves de même taille (3^{mm}) d'*A. plumbeus* et d'*A. maculipennis*, ces dernières vivant toujours en position superficielle et n'hivernant pas. Alors que les larves de *maculipennis* n'ont guère survécu plus de 24-48 heures, celles de *plumbeus* étaient toutes vivantes après 5 jours.

Une troisième expérience, effectuée dans les mêmes conditions, a permis d'apprécier plus complètement la durée exceptionnelle de résistance à la submersion hivernale des larves de *plumbeus*, en eau non renouvelée. Après 19 jours, 2 larves sur 4 furent retrouvées vivantes, une d'entre elles ayant résisté à la congélation complète de la colonne liquide. Une troisième larve a survécu au moins 47 jours. Quant à la quatrième larve, elle a été reconnue en vie après 61 jours de submersion au froid et 7 phases de décongélation brusque successives, correspondant aux différentes périodes d'examen.

Replacée ensuite dans des conditions normales, *après plus de deux mois de vie latente submergée*, elle a poursuivi son développement.

Ces faits démontrent l'adaptation caractérisée de l'*A. plumbeus* à l'hibernation larvaire dans des collections d'eau soumises aux gels et dégels successifs. La position profonde observée par ces larves n'est pas accidentelle; elle correspond à des conditions particulières de respiration réduite. Cette adaptation est de nature à compliquer singulièrement les mesures de destruction que l'on pourrait tenter, au moins contre les larves d'hiver de cette espèce, par l'emploi des larvicides de surface.

M. **A. L. Herrera** adresse une Note intitulée *Influence de la glycérine sur les formes organiques produites par le formol, le sulfure d'ammonium et l'acide nitrique.*

COMITÉ SECRET.

La Section de Géographie et Navigation, par l'organe de son Doyen présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. le Général *Ferrié* :

En première ligne	M. **Jean Tilho**.
En seconde ligne.	M. **Georges Barrillon**.
En troisième ligne, ex æquo par ordre alphabétique	MM. **Emmanuel de Margerie**, **Emmanuel de Martonne**, **Pierre Marti**, **Henri Roussilhe**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

A $15^h 55^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 18^h.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 JUIN 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur les travaux d'*ALBERT DE GROSSOUVRE, par M. **H. DOUVILLÉ**.

Né en 1849, **ALBERT DE GROSSOUVRE** entre à l'École Polytechnique en 1867 ; il en sort dans le corps des Mines. A cette époque il était considéré par ses examinateurs comme un mathématicien d'avenir; mais l'attrait de la géologie l'emporta et il devint géologue par vocation. Depuis ce moment on peut dire qu'il consacra à ces recherches sur le terrain et dans son cabinet tout le temps dont il pouvait disposer.

Aussi bon paléontologue que stratigraphe, il a toujours montré que ces deux disciplines devaient marcher de concert et que la connaissance précise des fossiles était indispensable pour établir d'une manière rigoureuse la succession des couches et leur synchronisme.

En résidence à Bourges presque au début de sa carrière, il n'a jamais quitté cette ville; toujours le Berry a été le point de départ de ses études et de là il a rayonné dans toutes les directions, vers la Normandie comme vers les Pyrénées et la Provence, relevant des coupes détaillées et recueillant d'innombrables échantillons de fossiles, des Ammonites principalement.

Dans le Jurassique il a étudié d'abord le Bajocien, le Bathonien, puis successivement les étages plus élevés; dans ces différents niveaux il s'est

(1) Séance du 13 juin 1932.

toujours efforcé de réunir des séries assez nombreuses de chaque forme fossile pour permettre de préciser à la fois le degré de variabilité des individus et les caractères résultant de leur évolution dans le temps. Il a pu ainsi non seulement perfectionner l'échelle stratigraphique des terrains, mais en même temps reconstituer l'histoire de certaines familles d'Ammonites. On peut citer en particulier la description des espèces du Bajocien et du Bathonien de la Nièvre; il est revenu à plusieurs reprises sur l'étude des faunes de ces niveaux et il l'a étendue à une grande partie du bassin de Paris. Il a apporté dans ces recherches une précision extrême, c'est ainsi par exemple que dans son étude détaillée d'une forme à ontogénie extrêmement variable, l'*Ammonites zigzag*, il a pu montrer que des caractères souvent considérés comme spécifiques n'étaient en réalité dus qu'à un développement plus ou moins rapide des individus.

Les niveaux plus récents ont aussi attiré son attention; il a décrit des Ammonites du Callovien et de l'Oxfordien et montré les divisions en zones qu'il fallait établir dans ces terrains. Il revenait encore récemment sur ces questions en 1925.

Tout aussi importants sont ses travaux sur le terrain crétacé; il l'étudie d'abord dans le Sud-Ouest du bassin de Paris : il distingue dans la craie de Villedieu trois zones caractérisées par des Ammonites et il montre leur correspondance avec les niveaux à *Micraster* de la craie du Nord de la France; les craies de Chaumont et de Blois sont contemporaines de la craie à Bélemnitelles, tandis que la craie à Baculites du Cotentin, en représente le faciès littoral.

A plusieurs reprises il explore la craie des Corbières et des Pyrénées; il fait voir que d'après leurs Ammonites, les couches à Hippurites de la Montagne des Cornes sont coniaciennes et santoniennes, le Campanien étant représenté par les grès d'Alet. Il montre le rôle important des Bélemmitelles dans les assises de la craie supérieure, les *Actinocamax* apparaissant dès la base du Santonien supérieur, tandis que les Bélemnitelles ne se montrent que plus haut, dans le Campanien. Il retrouve ce même niveau à *Actinocamax* en Provence, représenté par le calcaire de Contes.

Pour mener à bonne fin ces divers travaux, de Grossouvre avait eu à étudier de nombreux échantillons d'Ammonites : c'est l'origine de la belle monographie des Ammonites de la craie supérieure qu'il publie avec 39 planches de fossiles en 1893; il s'efforce d'établir des genres naturels en tenant compte de tous les caractères et particulièrement du plan de la cloison. Il complète cette monographie, en 1895-1901, par un important

ouvrage sur la stratigraphie de la craie supérieure, dans lequel il passe en revue la composition détaillée du terrain crétacé en France, en Angleterre, dans les Alpes, en Scandinavie, dans l'Inde et jusqu'aux États-Unis; sur bien des points cette synthèse est appuyée sur des observations personnelles.

Où faut-il placer la limite du Crétacé et de l'Éocène? De Grossouvre s'est à plusieurs reprises préoccupé de cette question et il a montré que les modifications les plus importantes de la faune se sont produites avant le Danien; d'où la conclusion que cet étage serait mieux placé à la base du Tertiaire.

Le terrain tertiaire du Berry avec ses minerais de fer ne pouvait que l'intéresser doublement comme ingénieur et comme géologue. Il en fait dès 1886 une description complète et ce Mémoire est d'autant plus important que de Grossouvre a été le dernier témoin de l'exploitation de ces minerais. Dans cette curieuse formation, les minerais de fer en grains sont subordonnés à des argiles réfractaires et à des sables granitiques ou kaoliniques; par places un excès de silice transforme les argiles en argilolithes dures et les sables en grès à ciment siliceux; sur certains points des gypses y ont été exploités.

Ces dépôts constituent des nappes irrégulières discontinues, sans traces de stratification et présentant d'un point à un autre des caractères très variables; les premiers lambeaux se montrent au Sud sur les terrains cristallins du plateau central; ils s'étendent ensuite sur les calcaires jurassiques qu'ils corrodent profondément et dans lesquels ils peuvent former des entonnoirs ou des filons.

Par une discussion serrée, de Grossouvre montre que ces caractères si particuliers ne peuvent s'expliquer par une simple dissolution des calcaires par les eaux météoriques chargées d'acide carbonique; il croit nécessaire de faire intervenir l'action de sources thermales. Il applique les mêmes considérations aux argiles réfractaires associées aux argiles à silex et aux sables granitiques du bassin de Paris, ceux-ci bien distincts des sables et argiles de la Sologne dont la stratification régulière n'est pas douteuse.

Je n'ai pas besoin d'ajouter que de Grossouvre a consacré une partie de son activité à l'exécution des cartes géologiques du centre de la France; on lui doit les tracés de trois feuilles au 1/80000e (Issoudun, Châteauroux, Valençay) et il a collaboré à plusieurs autres, aux différentes échelles, pour les terrains secondaires et tertiaires.

En 1902 l'Académie lui décernait le prix Fontannes et en 1913 elle l'appelait au nombre de ses correspondants dans la Section de Minéralogie. Il

poursuivait toujours ses travaux sur le terrain et dans les importantes collections qu'il avait réunies à Bourges. Puis quand l'âge est venu diminuer son activité, il a dû renoncer aux excursions et se borner à l'étude des fossiles qu'il avait patiemment recueillis; il continuait à nous en faire connaître les formes les plus intéressantes. C'est dans ces occupations favorites que la mort est venue le surprendre; une courte maladie l'enlevait à sa famille et à ses amis le 18 mai dernier.

L'œuvre qu'il nous laisse est considérable : ses nombreuses Notes, ses Mémoires tant géologiques sur les minerais de fer que paléontologiques sur les Ammonites, sont des constructions solidement établies qui défieront l'usure du temps et perpétueront son souvenir.

Si l'on ajoute que ces recherches ont été poursuivies en province, où il n'avait à sa disposition aucune des facilités d'étude que l'on trouve dans les centres universitaires, on ne peut qu'admirer la persistance et la continuité de son effort. De Grossouvre était un vrai naturaliste, mais il avait aussi une sérieuse formation mathématique et peut-être n'est-elle pas tout à fait étrangère à l'importance des résultats qu'il a obtenus. Dans sa longue carrière il n'a cessé de se consacrer au culte de la géologie; il nous laisse, avec de vifs et unanimes regrets, un noble exemple à suivre et à citer aux géologues de l'avenir.

Au nom de l'Académie j'adresse à Madame de Grossouvre et à sa famille toutes nos condoléances et l'expression de notre vive sympathie dans le grand malheur qui vient de les frapper.

THERMOCHIMIE. — *Thermochimie des orthophosphates de calcium.* Note de MM. C. **Matignon** et **M. Séon**.

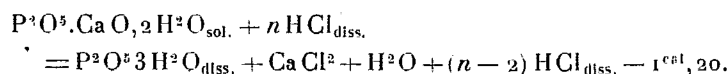
L'acide phosphorique introduit récemment dans la grande industrie chimique paraît appelé à jouer un rôle important dans la technique lorsque son prix de revient sera suffisamment abaissé.

C'est pour aboutir à ce résultat que de nombreuses recherches sont effectuées, depuis une dizaine d'années, sur la préparation de cet acide à partir des phosphates naturels.

Les chaleurs de formation des phosphates de calcium, qui interviennent au cours de ces différentes préparations, ne sont pas connues ou sont mal définies. Les orthophosphates dicalcique et tricalcique précipités, les seuls sur lesquels on ait des renseignements, ont des chaleurs de formation qui oscillent autour de deux nombres présentant un écart de 6 à 7^{cal}.

Nous avons entrepris l'étude thermochimique des trois orthophosphates en utilisant, au sein du calorimètre, les dissolutions dans une solution chlorhydrique N/2 employée en grand excès.

I. *Phosphates monocalciques* (1). — Le sel hydraté bien cristallisé conduit à la relation thermique suivante :

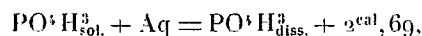


$$P^2O^5.CaO,2H^2O_{sol.} + n\,HCl_{diss.} = P^2O^5 3H^2O_{diss.} + CaCl^2 + H^2O + (n-2)\,HCl_{diss.} - 1^{cal},20.$$

En tenant compte des données complémentaires



$$CaO_{sol.} + 2HCl_{diss.} = CaCl^2_{diss.} + H^2O + 46^{cal},1$$

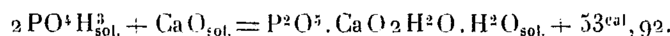


$$PO^4H^3_{sol.} + Aq = PO^4H^3_{diss.} + 2^{cal},69,$$



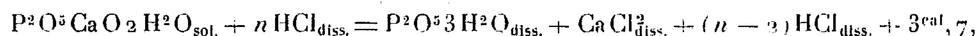
$$2PO^4H^3_{diss.} + CaCl^2_{diss.} = + 0^{cal},24,$$

on en déduit



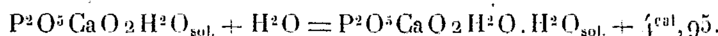
$$2PO^4H^3_{sol.} + CaO_{sol.} = P^2O^5.CaO\,2H^2O.H^2O_{sol.} + 53^{cal},92.$$

Le sel anhydre dissous dans les mêmes conditions a donné



$$P^2O^5CaO\,2H^2O_{sol.} + n\,HCl_{diss.} = P^2O^5 3H^2O_{diss.} + CaCl^2_{diss.} + (n-2)\,HCl_{diss.} + 3^{cal},7,$$

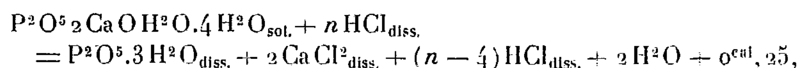
d'où l'on tire



$$P^2O^5CaO\,2H^2O_{sol.} + H^2O = P^2O^5CaO\,2H^2O.H^2O_{sol.} + 4^{cal},95.$$

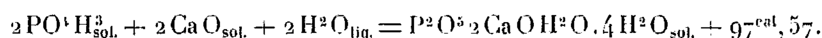
Cette chaleur d'hydratation s'accorde parfaitement avec la stabilité du sel, qui ne se décompose pas à la température ordinaire dans le vide sec et exige 15 heures à 100° pour se déshydrater.

II. *Phosphates dicalciques*. — Le phosphate dicalcique hydraté a dégagé $+ 0^{cal},25$ par sa dissolution dans l'acide chlorhydrique étendu,



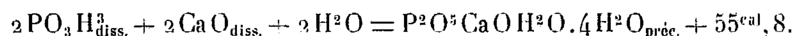
$$P^2O^5 2CaO\,H^2O.4H^2O_{sol.} + n\,HCl_{diss.} = P^2O^5.3H^2O_{diss.} + 2CaCl^2_{diss.} + (n-4)\,HCl_{diss.} + 2H^2O + 0^{cal},25,$$

d'où l'on peut obtenir comme précédemment



$$2PO^4H^3_{sol.} + 2CaO_{sol.} + 2H^2O_{liq.} = P^2O^5 2CaO\,H^2O.4H^2O_{sol.} + 97^{cal},57.$$

D'autre part, d'après Berthelot et Joly, la neutralisation de l'acide phosphorique par deux molécules de chaux correspondrait à un effet thermique variant de 49^{cal} à $55^{cal},8$,

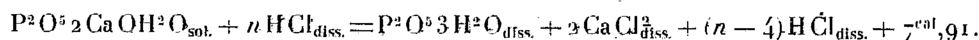


$$2PO_3H^3_{diss.} + 2CaO_{diss.} + 2H^2O = P^2O^5CaO\,H^2O.4H^2O_{préc.} + 55^{cal},8.$$

(1) Les détails sur la préparation et les propriétés de ces corps seront donnés dans un autre Recueil.

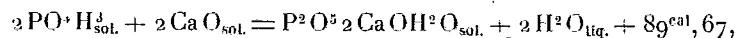
En admettant le dernier nombre $55^{cal},8$, on en déduit pour la chaleur de formation précédente $97^{cal},38$, valeur qui s'accorde parfaitement avec le nombre obtenu par nous, et qui établit la parfaite identité de notre produit avec celui de Joly.

Le sel obtenu par la déshydratation du précédent a fourni un effet thermique de $7^{cal},91$ par sa dissolution chlorhydrique,

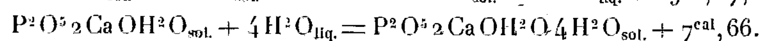


$$P^2O^5\,2\,CaO\,H^2O_{sol.} + n\,HCl_{diss.} = P^2O^5\,3\,H^2O_{diss.} + 2\,CaCl^2_{diss.} + (n-4)\,HCl_{diss.} + 7^{cal},91.$$

On en tire les conséquences suivantes :



$$2\,PO^4H^3_{sol.} + 2\,CaO_{sol.} = P^2O^5\,2\,CaO\,H^2O_{sol.} + 2\,H^2O_{liq.} + 89^{cal},67,$$



$$P^2O^5\,2\,CaO\,H^2O_{sol.} + 4\,H^2O_{liq.} = P^2O^5\,2\,CaO\,H^2O\,4\,H^2O_{sol.} + 7^{cal},66.$$

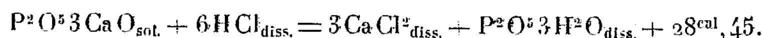
La déshydratation du sel hydraté exige une température prolongée au delà de 200°. Par exemple, le sel anhydre employé dans les expériences précédentes a été chauffé pendant 31 heures à 214°; puis 26 heures à 240° et enfin 9 heures à 260° pour atteindre une composition fixe correspondant au sel anhydre.

Les conditions de la déshydratation sont très variables d'un expérimentateur à l'autre, elles montrent que le sel hydraté donne lieu sans doute à une transformation variable avec les conditions.

La valeur d'hydratation de $7^{cal},66$ est en parfait accord avec un changement d'état donnant lieu à un dégagement de chaleur, sans doute une polymérisation. En effet, un sel dégageant 2^{cal} par molécule d'eau doit perdre cette eau à basse température; la chaleur d'hydratation est donc supérieure à $7^{cal},66$; le sel déshydraté étudié n'est pas le phosphate anhydre normal, mais une modification formée à partir du sel normal avec dégagement de chaleur.

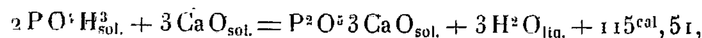
III. *Phosphate tricalcique.* — Ce sel a été préparé par voie sèche à partir du pyrophosphate tétracalcique et du carbonate de chaux chauffés tous deux dans le vide à la température de 850° pendant 6 heures. On a pu suivre la marche de la combinaison en dosant à des temps variables la quantité de chaux non combinée à l'aide de la réaction de Lerch et Bogue (¹).

La dissolution chlorhydrique fournit un effet thermique de $28^{cal},45$:

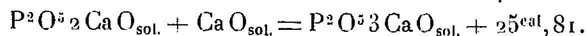


$$P^2O^5\,3\,CaO_{sol.} + 6\,HCl_{diss.} = 3\,CaCl^2_{diss.} + P^2O^5\,3\,H^2O_{diss.} + 28^{cal},45.$$

On en déduit



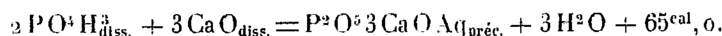
$$2\,PO^4H^3_{sol.} + 3\,CaO_{sol.} = P^2O^5\,3\,CaO_{sol.} + 3\,H^2O_{liq.} + 115^{cal},51,$$



$$P^2O^5\,2\,CaO_{sol.} + CaO_{sol.} = P^2O^5\,3\,CaO_{sol.} + 25^{cal},81.$$

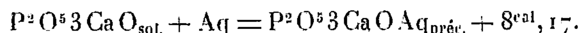
(¹) *Ind. and Engin. Chem.*, 18, 1926, p. 739.

D'autre part, Berthelot a donné $64^{cal},0$ pour la chaleur de formation du phosphate précipité obtenu par double décomposition :



$$2\,PO^4H^3_{diss.} + 3\,CaO_{diss.} = P^2O^5\,3\,CaO\,Aq_{préc.} + 3\,H^2O + 65^{cal},0.$$

En comparant cette donnée avec les précédentes, on obtient la chaleur de transformation du sel anhydre en sel hydraté précipité :



$$P^2O^5\,3\,CaO_{sol.} + Aq = P^2O^5\,3\,CaO\,Aq_{préc.} + 8^{cal},17.$$

Le monohydrate de phosphate tricalcique ne correspond pas comme stabilité à un effet thermique de $8^{cal},17$. La discordance qui apparaît semble établir un nouveau changement d'état entre le sel anhydre obtenu à basse température et celui préparé par voie sèche. Ce dernier doit constituer une forme instable par rapport au phosphate de basse température.

Des études chimiques sont poursuivies pour éclaircir tous ces points.

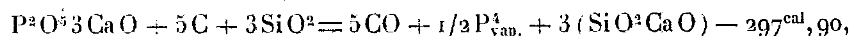
La préparation du phosphore à partir du phosphate tricalcique absorbe l'énorme quantité de chaleur de $-382^{cal},9$:



$$P^2O^5\,3\,CaO_{sol.} + 5\,C = 5\,CO + 1/2\,P^4_{vap.} + 3\,CaO - 382^{cal},9,$$

en admettant 18^{cal} pour la chaleur de sublimation de la molécule tétratonique du phosphore.

Avec de la silice en excès, cette absorption s'abaisse à $297^{cal},90$:



$$P^2O^5\,3\,CaO + 5\,C + 3\,SiO^2 = 5\,CO + 1/2\,P^4_{vap.} + 3\,(SiO^2CaO) - 297^{cal},90,$$

la chaleur de formation du silicate monocalcique étant de $28^{cal},1$.

GÉNÉTIQUE. — *Sur l'hérédité du sexe chez la Sauge des prés* (Salvia pratensis *L.*). Note de M. **Louis Blaringhem**.

En 1920 [1], j'ai signalé les variations de taille et de sexualité des individus de *Salvia pratensis* L. composant une population hétérogène de 261 plantes à fleurs bleues dans la prairie de la station Berthelot, à Bellevue (Seine-et-Oise). J'ai insisté sur le fait que la plupart des individus portaient des fleurs du même type, tantôt grandes à bras des connectifs *longs* (22^{mm}), soit 151 individus, tantôt petites à bras *courts* (5^{mm}), soit 50 individus, tantôt *intermédiaires* à bras de 15^{mm}, soit 45 individus, la taille des fleurs variant dans les mêmes rapports; les plantes femelles par avortement du

(1) *Études sur le polymorphisme floral : I. Fleurs trimorphes du* Salvia pratensis *L.* (*Bull. Soc. bot. France*, 67, 1920, p. 212-216).

contenu des anthères étaient toutes à bras de connectifs courts, la stérilité du pollen étant liée, avec les mêmes gradations, au passage des connectifs longs aux connectifs courts. Un petit nombre d'individus (15) à connectif *variable* d'une fleur à l'autre donne comme les intermédiaires un fort pourcentage de grains de pollen avortés.

Six générations d'isolement m'ont permis de séparer presque complètement des lignées de *Salvia pratensis* L., à fleurs femelles blanches pour la plupart, certaines à fleurs roses, ainsi que des intermédiaires, rarement des hermaphrodites à pollen parfait. Les changements produits dans le port des plantes, dans la couleur des fleurs, dans la forme des grappes même, montre que la ségrégation méticuleuse des individus femelles à partir de lignées hermaphrodites conduit à l'obtention de formes nouvelles plus ou moins stables, c'est-à-dire à des mutations dans l'espèce.

Les cultures de 1920 à 1924 des graines de plantes femelles, ont fourni un *novum*, deux plantes à fleurs blanches dans un lot provenant du semis répété des graines provenant d'individus à fleurs pâles; la ségrégation devient, à partir de cette date, très sévère; l'un des individus à fleurs blanches étant femelle, l'autre du type intermédiaire, le pollen de ce dernier fut seul utilisé et d'ailleurs donna d'assez maigres résultats en bonnes graines. En 1926, 17 plantes seulement avaient pu parvenir à la fleur dont 11 hermaphrodites à fleurs roses, 3 intermédiaires roses, 3 femelles blanches; le pied blanc intermédiaire de 1924 fut encore utilisé pour polliniser les trois dernières citées de 1926, ce qui épura considérablement le lot.

En 1928, je notai, avant mon départ pour le Japon, la disparition des véritables hermaphrodites et la haute fréquence des individus blancs, soit, pour 95 plantes :

56 individus femelles à fleurs blanches, 6 individus intermédiaires à fleurs blanches, 14 individus femelles à fleurs roses, 4 individus intermédiaires à fleurs roses, 15 plantes n'ayant pas fleuri.

Presque tous les individus à fleurs femelles blanches furent détruits par l'hiver rigoureux de 1928-1929, et je récoltai en fin juillet 1930 les graines de trois plantes femelles blanches, isolées et pollinisées à la main par le même individu intermédiaire à fleurs blanches. En 1932, j'ai les trois descendances en fleurs. Les plantes femelles à fleurs blanches forment la majorité; mais il subsiste quelques plantes à fleurs roses et il s'est produit une nouveauté, un pied femelle à fleurs roses et palais de la corolle blanc, à coloris du plus bel effet.

La descendance A, avec 36 individus d'ailleurs peu vigoureux, n'a que des fleurs blanches réparties sur 27 individus ♀, 2 intermédiaires ♀ — ♂ et 1 ♂; ce dernier, d'ailleurs, donne peu de pollen avec environ 50 grains pour 100 avortés. C'est la lignée la plus épurée, à fleurs petites; quelques plantes à larges plages jaunes sur les feuilles ne fleuriront pas; d'autres, après avoir donné quelques hampes femelles, se dessèchent prématurément et meurent. J'y trouve tous les symptômes de déchéance qui affectent les lignées épurées par croisement *inter se* chez les espèces où la fécondation croisée est la règle.

La descendance B se compose de 52 plantes vigoureuses pour la plupart, dont 47 sont femelles (44 blanches + 2 rouges + 1 rouge à palais blanc), 4 hermaphrodites à fleurs moyennes, mais à pollen partiellement (5 à 30 pour 100) avorté et 1 plante intermédiaire en mosaïque, rose, à fleurs femelles sur toutes les branches, sauf une où des fleurs à pollen alternent avec des fleurs femelles.

La descendance C, avec 17 femelles (16 blanches + 1 rouge) + 4 hermaphrodites blanches et 2 intermédiaires blanches, est très vigoureuse; le pollen des plantes intermédiaires est très rare, jusqu'ici inactif.

On peut tirer quelques conclusions et signaler les particularités relatives à la transmission héréditaire des sexes chez les *Salvia protensis*.

D'abord, comme pour les Œillets, les Ancolies et beaucoup d'autres plantes étudiées à Bellevue, la tendance à la ségrégation des lignées hermaphrodites et femelles est bien marquée; les descendants de plantes femelles sont en très forte majorité femelles, soit 27 pour 30 chez A; 47 pour 52 chez B; 17 pour 23 chez C, proportions comparables si l'on tient compte des nombres relativement peu élevés des individus, en moyenne 90 pour 100; les individus intermédiaires sont rares, plus rares que dans la nature, soit moins de 5 pour 100. Il n'est pas impossible d'arriver à une proportion de femelles encore plus élevée, mais comme je vais le montrer, ce sera au détriment de la fécondité.

Dans la nature les individus femelles sont plus féconds environ d'un tiers que les individus hermaphrodites ou intermédiaires; dans mes cultures à cause de l'isolement des grappes hermaphrodites il en est de même, mais j'éprouve de grandes déceptions, après les pollinisations faites à la main sur les plantes femelles même non isolées; on peut dire que 10 ponr 100 seulement des akènes nouent et d'ailleurs irrégulièrement, soit 0,4 akène par fleur en moyenne alors que dans la nature les plantes femelles donnent 3 akènes en moyenne, le maximum étant 4. Deux causes principales

limitent la fécondité; malgré les pollinisations répétées chaque matin, les circonstances favorables à la fécondation ne sont pas aussi renouvelées que lorsque les insectes butineurs interviennent; je dépose plus de pollen sur les stigmates mais en un petit nombre d'opérations et certainement la fertilité diminue pour cette cause.

Elle n'est pas la seule, car l'intervention du pollen des fleurs roses ou rouges, intermédiaires, donne plus de graines que celui des fleurs blanches lorsqu'il s'agit de féconder les femelles blanches et réciproquement les femelles roses nouent surtout bien leurs akènes avec le pollen des blanches intermédiaires. Ici, intervient la pureté de souche, qui entraîne lorsqu'elle est portée à un degré trop élevé, comme je l'ai vérifié aussi pour *Eschscholtzia californica* Chamisso, presque immédiatement la stérilité totale.

En fait *Salvia pratensis* L. est une espèce bien adaptée à la fécondation croisée et depuis toujours; elle supporte une génération ou deux la fécondation par elle-même, mais au détriment de la fertilité et seulement lorsque la lignée est par les réactions antérieures imprégnée de sang étranger; c'est la raison pour laquelle je maintiens quelques individus à fleurs rouges dans mes cultures. Peut-être aussi l'état récessif qu'implique la couleur blanche des fleurs accentue la déchéance, tous points qui sont suivis par des statistiques probantes dans l'ensemble, mais non décisives individuellement en raison des impuretés latentes initiales.

Il se produit de plus des nouveautés. La variation blanche qui me sert de souche depuis 1924 n'est pas rare dans la nature, mais il est rare qu'on la sélectionne avec la rigueur que j'ai pu y apporter en raison de l'état femelle des mutantes. A cette première variation brusque, s'ajouta en 1932 une mutation bien curieuse dont je vais suivre à part l'épuration si possible; il s'agit de la plante femelle à corolle rouge et palais blanc, non signalée à ma connaissance jusqu'ici. Mais, tant dans les plantes femelles blanches que dans les hermaphrodites, il se produit des variations dont la plus notable est la variation dans la compacité des grappes de fleurs, pouvant être trois fois plus forte chez les individus femelles les plus compacts que chez les individus hermaphrodites les plus lâches; à la forte compacité s'ajoute le nombre plus élevé, pouvant être double, des fleurs insérées sur le même verticille. Il n'est question dans ces variations brusques que de caractères très apparents qui affectent les individus entiers.

A ces altérations brusques, inattendues et pour partie fixables, s'ajoutent les cas beaucoup plus rares de mosaïques, certaines branches donnant des fleurs intermédiaires alors que les contemporaines du même niveau et de

la même plante ne donnent que des femelles ; j'ai deux cas de cette disjonction fortement localisée. Le plus souvent, sur certains individus en mosaïque, les verticilles successifs des grappes portent des fleurs de type sexuel et de taille différents ; mais ces exemples aussi sont assez rares, moins du cinquième de l'ensemble.

En résumé, bien que je n'aie pu obtenir pour *Salvia pratensis* L. de lignée ne renfermant que des descendants femelles, je ne doute pas de l'application de la règle de l'hérédité uuilatérale du sexe femelle dans cette espèce, puisque, en six générations, j'ai élevé le pourcentage des individus de ce sexe à 90 pour 100 ; et l'effort tenté pour isoler en même temps le caractère fleur blanche a certainement limité la transmission, par la stérilité probable des types épurés autofécondés.

Au cours de cette épuration, sans aucun retour au type initial à fleurs bleues, sont apparues des nouveautés, des mutations véritables portant sur les coloris des fleurs, blanches, roses, rouges, rouges à palais blanc, portant sur les compacités des grappes de fleurs, sur le nombre des fleurs groupées sur les verticilles pour ne parler que des caractères floraux ; d'autres déviations dans la vigueur des individus, dans la lenteur de montée à fleur, dans les teintes jaune ou marbré de jaune des organes végétatifs montrent qu'à la disjonction sexuelle des lignées s'ajoute quantité de phénomènes de ségrégation d'autant plus remarquables qu'ils n'apparaissent pas dans la population de plantes sauvages, suivie depuis vingt-cinq ans et beaucoup plus abondante en individus, qui est le point de départ de ces lignées aberrantes.

M. A. Blondel fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Les Radiophares*.

NOMINATIONS.

MM. L. Lecornu, G. Perrier et E. Esclangon représenteront l'Académie (avec les membres déjà désignés) à l'inauguration du monument élevé à la mémoire de *Pierre-Simon Laplace*.

M. E. Leclainche est désigné pour représenter l'Académie au *Ier Congrès international d'Hygiène méditerranéenne*, qui se tiendra à Marseille du 20 au 25 septembre 1932.

MM. **A. Lacroix**, **E.-L. Bouvier**, **P. Marchal** sont désignés pour représenter l'Académie à la célébration du *Centenaire de la Société entomologique de France*, dans le grand amphithéâtre de l'Institut océanographique, le 16 juillet 1932.

L'Académie charge son **Bureau** de la représenter au *Congrès international d'Électricité* qui aura lieu à Paris du 5 au 12 juillet 1932, pour commémorer le cinquantième anniversaire du Congrès international des électriciens de 1881.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un membre de la Section de Géographie et Navigation en remplacement de M. le Général *Ferrié* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 51,

M. Jean Tilho	obtient	38 suffrages
M. Georges Barrillon	»	10 »
M. Emmanuel de Martonne	»	3 »

M. **Jean Tilho**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

M. **Jean Cabannes** est élu Correspondant pour la Section de Physique par 40 suffrages contre 2 à M. *Hélois Ollivier* et 1 à M. *Émile Henriot*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la place de membre titulaire du *Bureau des Longitudes*, vacante par le décès de M. *G. Bigourdan*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le Tome I du *Traité de Pathologie végétale*, par Gabriel et Madeleine Arnaud. (Présenté par M. P.-A. Dangeard.)

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la rareté apparente des comètes hyperboliques.* Note (1) de M. **Jean Bosler**, présentée par M. Ernest Esclangon.

On ne voit jamais d'orbites cométaires franchement hyperboliques et l'on en conclut souvent que les comètes ont toujours appartenu au système solaire. Cette conclusion n'est cependant, croyons-nous, nullement établie.

I. Pour simplifier, n'envisageons ici que le Soleil S et Jupiter, dont nous supposerons l'orbite circulaire et de rayon r. Admettons qu'à cette distance de S il y ait en moyenne, par unité de volume, N comètes venues de toutes les directions de l'infini : les captures transformeront leurs orbites en ellipses ou en hyperboles.

Soit $n(t, a)$ le nombre des comètes elliptiques de grand axe $< 2a$, présentes au temps t dans notre système : il y en aura $n'_a(t, a)da$ de grand axe $> 2a$ et $< 2(a+da)$ et, si T est leur période moyenne en années, il en passera T fois moins, en moyenne, au périhélie par an.

La fréquence des passages varie au cours du temps dt : 1° elle croît par la capture de nouvelles comètes; 2° elle croît encore du fait du changement de période des comètes déjà capturées, qui viennent pénétrer à nouveau dans la sphère d'activité de Jupiter et y *perdent* de leur énergie; 3° elle décroît enfin du fait des comètes dont l'énergie est ainsi augmentée.

1° Le nombre des comètes paraboliques dont le grand axe devient $< 2a$, dans le temps dt, est sensiblement (2) :

$$\frac{4\pi}{3} m^2 a^2 N v \, dt,$$

m étant la masse de Jupiter rapportée au Soleil et v la vitesse parabolique à distance r. La fréquence annuelle des passages au périhélie des comètes de grand axe $> 2a$ et $< 2(a+da)$ se déduit de là aisément.

(1) Séance du 6 juin 1932.

(2) H. A. Newton, *Amer. Journ. of Sc.*, 42, 1891, p. 183; H. N. Russell, *Astron. Journ.*, 33, 1920, p. 49.

2° Si P est la probabilité moyenne pour qu'une des comètes ci-dessus vienne rencontrer la sphère d'activité de Jupiter et $0,5 - \alpha$ celle pour qu'il en résulte une perte d'énergie, le nombre des comètes ainsi perturbées est $n'_a(t, a)\,da\,P(0,5 - \alpha)$. Si ΔT est la diminution moyenne (essentiellement positive) de période consécutive, le nombre moyen des passages annuels de ces comètes au périhélie croît ainsi, dans le temps dt (où il n'y a, à l'endroit voulu de leur trajectoire, que dt/T des comètes envisagées) de

$$\frac{\partial n(t, a)}{\partial a} P\left(\frac{1}{2} - \alpha\right)\left(\frac{1}{T - \Delta T} - \frac{1}{T}\right)\frac{da\,dt}{T}.$$

3° Les comètes du 3e groupe donnent lieu à un calcul analogue.

Dans l'ensemble, en tirant ΔT de $T = a\sqrt{a}$, on a, pour la variation résultante de la fréquence des passages des comètes 2° et 3° :

$$-\frac{3\alpha}{a^2} P\Delta\left(\frac{1}{a}\right)\frac{\partial n(t, a)}{\partial a}\,da\,dt.$$

Nous avons calculé ailleurs la valeur de α (1) et aussi de (2) $P\Delta$, valeur moyenne de $\Delta(1 : a)$ pour toutes les comètes de période T rencontrant à nouveau la sphère d'activité de Jupiter. On a ainsi, en définitive :

$$\frac{\partial^2 n(t, a)}{\partial a\,\partial t} = \frac{16}{3}\pi^2\sqrt{2}\,m^2\frac{aN}{\sqrt{r}} - \frac{3km^2\sqrt{r}}{16\pi a^2\sqrt{2}}\frac{\partial n(t, a)}{\partial a},$$

équation où $k = 2,1375$ et qui, si l'on pose $u = a^{-\frac{3}{2}} n'_a$, prend la forme :

$$\frac{du}{dt} = m^2\left(\frac{A}{\sqrt{a}} - \frac{B}{a^2}u\right).$$

On voit aussitôt que, lorsque t croît indéfiniment, si la valeur u_0 de u pour $t = 0$ ne dépasse pas $Aa^{\frac{3}{2}} : B$ (quantité très grande, nous le verrons) u tend lui-même, *en croissant*, vers cette même limite.

Pour $r = 5,2$, $m = 1 : 1047,5$, et en ne considérant ici que les comètes de grand axe > 200, on a $Bm^2 : a^2 < 1 : 5,33 . 10^{10}$; on peut donc négliger sans crainte, dans le développement de u, les termes en t^3 et si, à l'origine, u_0 était très voisin de zéro, il vient :

$$u = \frac{A}{\sqrt{a}} m^2 t - \frac{AB}{2a^2\sqrt{a}} m^4 t^2.$$

II. Prenons un cas concret. Voyons comment varie avec le temps le

(1) *Journ. des Obs.*, 15, 1932, p. 1. On prend ici la partie principale de α.

(2) *Bull. astr.*, 7, 1931, p. 165.

nombre des passages annuels au périhélie des comètes de grand axe compris entre 200 et 220. Avec $N = 1000$, la formule (1°) donne par an 30 comètes, dont *une* passe en moyenne au périhélie tous les 33 ans, ce qui n'a rien d'inadmissible.

Dans ces conditions, au bout de 10^6 années, les passages annuels de comètes elliptiques s'élèvent à 30000, contre 30 comètes hyperboliques de même grand axe, au signe près. Après 10^7 années, les comètes elliptiques ont décuplé, les hyperboliques n'ayant pas augmenté. Enfin au bout d'un temps infini, les passages annuels de comètes elliptiques — abstraction faite des désagrégations — atteignent $1,6.10^9$, avec toujours 30 comètes hyperboliques. Ce n'est qu'après 10 ou 20.10^9 années que se ralentit la fréquence des passages de comètes elliptiques (dont nous venons de voir l'énorme limite asymptotique). Des considérations analogues s'appliqueraient aux comètes de vitesses non strictement nulles à l'infini.

III. On comprend dès lors pourquoi l'on observe si peu de comètes hyperboliques : *les comètes elliptiques reviennent, alors que les autres ne font que passer*. Cette idée si simple avait été aperçue en 1910 par Schiaparelli (1) : il n'eut guère le temps de s'y arrêter et elle n'attira pas, croyons-nous, l'attention qu'elle méritait. Une objection grave subsistait : le mécanisme même de la capture ne détruit-il pas, aux approches ultérieures, les effets des précédentes? Notre calcul montre qu'à moins d'envisager des durées d'une invraisemblable immensité, il n'en est rien. La rareté des comètes hyperboliques ne prouve donc pas que les comètes aient toujours appartenu au système solaire.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Mouvements multiponctuels correspondant à l'équation de Schrödinger écrite pour le cas d'un seul point.* Note (2) de M. **A. Buhl.**

Soient les symboles de Jacobi et de Schrödinger,

$$J(S) = \left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial z}\right)^2 - S^2\Omega,$$
$$\Sigma(V) = \Delta V + V\Omega,$$

où Ω est fonction donnée de x, y, z et où ΔV est le laplacien de V.

(1) *Bull. astr.*, 27, 1910, p. 200. Voir aussi J. Bosler, *Cours d'Astrophysique*, p. 438, Paris, Hermann, 1928.

(2) Séance du 13 juin 1932.

Soient, de plus,

$$U = S_1 + S_2, \qquad V = S_1 - S_2.$$

Un calcul immédiat montre que

$$(1) \qquad J(S_1) - J(S_2) + (S_1 + S_2)[\Sigma(S_1) - \Sigma(S_2)]$$

s'exprime identiquement par

$$(2) \qquad \frac{\partial}{\partial x}\left(U\frac{\partial V}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(U\frac{\partial V}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(U\frac{\partial V}{\partial z}\right).$$

A partir de solutions $S_1 - S_2$, $S_1 - S_3$, ... de l'équation $\Sigma = 0$, on peut former les deux suites associées

$$(3) \qquad \Sigma(S_1) = \Sigma(S_2) = \Sigma(S_3) = \ldots,$$

$$(4) \qquad J(S_1) = J(S_2) = J(S_3) = \ldots.$$

Cela revient à considérer des expressions (1) toujours nulles et cette nullité peut toujours être obtenue, quel que soit V, en se servant de la forme (2) de l'expression (1) et en y déterminant convenablement U.

La correspondance entre les suites (3) et (4) paraît être fondamentale et exprimer aussi élémentairement que possible des résultats démontrés par des voies plus détournées.

Elle explique notamment pourquoi les méthodes variationnelles, appliquées à des intégrales en J, conduisent à l'opérateur Σ. De plus, la nullité de (2) permet de poser

$$P_y Q_z - P_z Q_y = U V_x,$$
$$P_z Q_x - P_x Q_z = U V_y,$$
$$P_x Q_y - P_y Q_x = U V_z.$$

Les nouvelles fonctions P et Q, correspondant à une fonction V, sont les deux intégrales distinctes de

$$V_x \frac{\partial W}{\partial x} + V_y \frac{\partial W}{\partial y} + V_z \frac{\partial W}{\partial z} = 0.$$

On voit que ces fonctions P et Q sont liées, de la manière la plus intime, à l'équation de Schrödinger en V et qu'on peut même les obtenir sans s'inquiéter de U.

En outre, elles définissent un *espace à canaux* [1] ainsi associé à tout état quantique défini par une solution de l'équation $\Sigma = 0$. Dans les canaux

---

[1] Voir Notes précédentes, notamment 194, 1932, p. 822 et 1562. Voir également *Tourbillons, Corpuscules, Ondes* dans les *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 3e série, 24, 1932, p. 1.

d'un tel espace peuvent se mouvoir des particules transportant une masse, une charge, une intégrale invariante quelconque.

Tout ceci porte, de plus en plus, à penser que c'est faire fausse route que de considérer une équation de Jacobi classique, écrite pour le mouvement de n points matériels et de rechercher, non dans l'hyperespace en phase mais dans E_3, les ondes correspondantes. Il faut plutôt considérer d'abord, dans E_3, une équation de Schrödinger, telle que $\Sigma = 0$, et montrer, en canalisant l'espace comme il vient d'être indiqué, qu'elle peut s'accorder avec des mouvements multiponctuels.

MAGNÉTISME. — *Sur la mesure directe des susceptibilités magnétiques des liquides, par la balance magnétique Curie-Chéneveau.* Note de MM. C. **Courty** et C. **Chéneveau**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une précédente Note [1], nous avons montré que dans l'emploi de la balance magnétique il fallait s'imposer l'égalité des volumes des liquides à comparer.

Depuis, nous avons utilisé des récipients en verre soufflé semblables aux flacons à densité des liquides, leur partie renflée occupant tout l'espace utile de l'entrefer de l'aimant. Ces tubes à partie renflée présentent sur les tubes cylindriques à trait de repère un avantage marqué. Le volume des liquides reste plus exactement le même et, ce volume étant accru, non seulement on gagne en sensibilité, mais on peut utiliser ces tubes pour la détermination de la densité des liquides étudiés avec une précision largement suffisante pour la correction du magnétisme de l'air (la connaissance de la densité, inutile pour les mesures de susceptibilités, est nécessaire si l'on veut calculer les coefficients d'aimantation).

Voici les résultats obtenus pour quatre liquides organiques purs. Ceux qu'ont donnés les deux premiers montrent que la précision des mesures est nettement améliorée depuis notre Note précédente [1].

$\varkappa_m$, la susceptibilité mesurée;

χ_c, le coefficient d'aimantation qui en résulte;

D, densité dans les conditions expérimentales;

χ est le coefficient déterminé par les auteurs dont les noms sont en regard, ces valeurs étant tirées du Recueil de Constantes : *International critical Tables of numerical data, physics, chemistry and technology*, 6, 1929, first edition, p. 361 et suivantes.

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 75.

Liquides.	$-10^6\chi_m$.	D.	$-10^6\chi_c$.	$-10^6\chi$.	Auteurs.
Benzène	0,628	0,88	0,713	0,712	Ishiwara, Isnardi et Gans
Tétrachlorure de carbone	0,697	1,63	0,427	0,429	Pascal
Chloroforme	0,742	1,52	0,488	0,488	»
Alcool absolu	0,595	0,799	0,744	0,744	»
Pyridine	0,610	0,98	0,622	0,623	»

Le calcul de la susceptibilité se fait en utilisant la formule suivante (que l'on établit facilement en utilisant l'expression $\chi v \mathrm{H}\, d\mathrm{H}/dx$ de la force agissant dans chaque cas sur un corps de volume v et de susceptibilité χ) :

$$10^6\chi = -0,72\rho - 0,029\left(\frac{293}{\mathrm{T}}\right)^2(\rho - 1).$$

T désigne la température (absolue) à laquelle on fait l'expérience. On a lu les trois déviations Δ'', Δ', Δ observées respectivement lorsque le tube est plein d'air, plein d'eau et plein du liquide à étudier (ces déviations Δ étant comptées positivement dans le cas du paramagnétisme, négativement dans le cas du diamagnétisme); ρ désigne le rapport

$$\frac{\Delta - \Delta''}{\Delta' - \Delta''}.$$

On a pris pour la susceptibilité de l'eau $10^6\chi_e = -0,72$ et pour celle de l'air

$$10^6\chi_a = 0,029\left(\frac{293}{\mathrm{T}}\right)^2.$$

Pour le benzène par exemple l'expérience nous a donné

$$\Delta'' = -108, \qquad \Delta' = -294, \qquad \Delta = -260, \qquad \mathrm{T} = 297°,6\,\mathrm{C}.$$

RAYONNEMENT. — *Réalisation de corps noirs à la température d'ébullition de métaux.* Note de M. **T.-N. Panay**, présentée par M. Ch. Fabry.

La réalisation de ces radiateurs présente de l'importance parce que leur rayonnement peut servir de base pour la mesure des intensités spectrales, comme étalon photométrique, etc. Pour obtenir des corps noirs à température constante on a recours, généralement, aux points fixes de fusion de métaux. J'ai pensé à essayer la réalisation de corps noirs à température maintenue constante par un élément en ébullition.

Les premiers essais, que j'ai faits avec le zinc (point d'ébullition : 1180°K.), ont conduit à la réalisation d'un corps noir à l'ébullition de zinc. Voici, sommairement indiquée, la constitution de ce corps noir.

Un tube en quartz d'environ 3^{cm} de diamètre est disposé verticalement; son fond est fermé et reçoit le zinc qu'on fait bouillir. Un second tube en quartz disposé à l'intérieur du premier et suivant le même axe est terminé en son extrémité inférieure par une sphère d'environ $1^{cm},5$ de diamètre qui constitue le corps noir. Cette sphère présente en sa partie supérieure une ouverture d'où l'on reçoit le rayonnement. Au-dessus de cette ouverture le tube intérieur affecte des formes coniques et plus haut il devient plus large et cylindrique. Les deux tubes sont soudés en leurs extrémités supérieures, isolant ainsi d'une façon étanche l'espace entre eux. Le fond du corps noir se trouve à 4^{cm} au-dessus du fond du tube extérieur. La hauteur totale de l'appareil est environ 42^{cm}.

Le chauffage est effectué par un courant électrique qui traverse un ruban de chromel, enroulé autour de la partie inférieure du tube extérieur et sur une partie seulement de la hauteur occupée par le zinc. Une feuille de carton d'amiante enroulée en cylindre est placée autour du conducteur à la distance de 1 ou 2^{cm}. Cette feuille cylindrique présente un trou pour mesurer à travers celui-ci la température du ruban au pyromètre optique. La feuille cylindrique est fermée en haut et en bas par des disques en carton d'amiante.

Quand l'appareil fonctionne on y fait circuler un courant d'azote au moyen de deux tubes en quartz horizontaux soudés sur le tube extérieur à 8^{cm} environ de son sommet. En cette région le tube extérieur est double, afin d'éviter des inconvénients qui pouvaient être causés par la circulation du gaz.

Un tube oblique en quartz soudé au tube extérieur, à 17^{cm} de son fond, sert à vider le zinc liquide à la fin de l'expérience. L'appareil est ensuite nettoyé à l'acide chlorhydrique et à l'eau.

Un deuxième circuit électrique est constitué par un enroulement en fil de chromel enveloppant le tube extérieur depuis quelque distance au-dessus du premier enroulement jusqu'un peu au-dessus des tubes de circulation de gaz ; il enveloppe aussi le tube qui sert à vider le zinc. Ceci maintient les parois du quartz à une température de l'ordre de 700°C. et a pour effet d'empêcher les vapeurs du zinc de se solidifier sur les parois et de les obliger à retomber à l'état liquide.

Des essais ont été faits avec la sphère en quartz constituant le corps noir plongée dans le zinc liquide en ébullition ; dans d'autres essais cette sphère

était plongée dans les vapeurs un peu au-dessus du zinc liquide en ébullition. Dans les deux cas, on obtient une température constante pour une durée aussi longue qu'il est désiré. On a fait avec l'appareil des expériences dépassant l'intervalle de dix heures continues.

Aux premiers essais, le corps noir était disposé avec son axe horizontal ; cette disposition est plus simple et elle évite aussi la réflexion généralement nécessaire dans l'autre disposition, décrite plus haut; celle-ci, cependant, présente des avantages et sera aussi celle employée dans des corps noirs à des plus hauts points d'ébullition que nous avons actuellement en construction. Dans ces corps noirs, le métal sera placé dans un cylindre en carbone. Le corps noir sera en carbone aussi. L'ensemble sera placé dans une enveloppe métallique étanche pourvue de fenêtres en quartz. On fera circuler de l'argon dans cette enveloppe. Les premiers essais seront faits à l'ébullition de plomb (1800°K.). Les métaux que nous essaierons après le plomb seront probablement l'argent et l'étain (points d'ébullition 2230° et et 2540°K. respectivement).

SPECTROSCOPIE. — *Sur les variations de longueur d'onde de raies émises par un arc au cuivre à grande intensité*. Note de M. **J. Gilles**, présentée par M. A. Cotton.

L'étude de la variation de longueur d'onde de raies spectrales émises par les différentes régions d'un arc à grande intensité exige que le courant et le point photographiés restent stables pendant la pose. Cela n'a pas lieu pour un arc entre électrodes de cuivre car le métal fond trop rapidement dès que l'intensité atteint une centaine d'ampères.

Nous avons donc utilisé une anode de laiton et une cathode de graphite de 15^{mm} de diamètre (en dessous de l'autre électrode). Pendant le fonctionnement de l'arc, il y a entraînement suffisant de cuivre de l'anode sur la cathode pour que cette dernière soit à chaque instant bordée d'une croûte métallique. L'arc jaillit ainsi dans des conditions de stabilité aussi satisfaisantes que possible; toutefois on constate un dégagement considérable de fumées composées principalement d'oxydes. Au début de l'allumage, on observe une luminosité verte entourant l'électrode positive et une région ponctuelle bleue sur la cathode caractéristique de l'arc au charbon. Aussi est-il nécessaire que la distance des électrodes soit assez faible et que la lueur anodique atteigne la cathode si l'on veut observer un déplacement des raies spectrales, en l'absence d'un dépôt de cuivre sur l'électrode néga-

tive. Les photographies ont été prises avec une distance d'électrodes voisine de 7^{mm}. L'image de la région étudiée était agrandie et projetée sur la fente du spectrographe à réseau concave installé sous l'électro-aimant de l'Académie des Sciences. La stabilité et la constance de la température sont très satisfaisantes. La dispersion de 2,7 Å au millimètre était suffisante pour mesurer les variations de longueur d'onde observées aux électrodes pour des courants i de quelques centaines d'ampères.

Tenant alors compte du caractère de dissymétrie des raies qui paraît étroitement lié à l'effet de pôle, nous avons analysé une région spectrale contenant un doublet intense, diffus et renversé, $^2P - {}^2D$ de Cu I. Bien que Royds ait obtenu des résultats négatifs dans le cas analogue du calcium, vers λ 4450, nous avons mesuré les diminutions suivantes de longueurs d'onde à la cathode (résultats évalués en angströms) :

	$2^2P_2 - 3^2D_3$. 5218,17.	$2^2P_1 - 3^2E_2$. 5153,23.	$m^2D_3 - 2^2P_2$. 5105,55.
$140 < i < 200$	$-0,075$	$-0,065$	0
$190 < i < 250$	$-0,08_8$	$-0,07_4$	0
$260 < i < 350$	$-0,09_8$	$-0,08_1$	0
$300 < i < 400$	$-0,10_0$	$-0,08_5$	0
$350 < i < 450$	$-0,10_2$	$-0,08_8$	0

La raie la plus intense du doublet est la plus sensible. Elle subit une diminution de longueur d'onde atteignant 1/10 d'angströms dès que le courant est de 3 à 400 ampères. La pente de la courbe représentative des diminutions de λ précédentes diminue à mesure que l'intensité augmente. L'effet de pôle n'est donc pas, dans ce cas, proportionnel au courant. Aux fortes intensités, la dissymétrie des raies 5218 et 5153 s'accentue en même temps, alors que la raie 5105 ne subit aucun élargissement sensible du côté du violet, ni aucun déplacement.

A l'anode, il est difficile d'obtenir des enregistrements correspondant à une région déterminée de l'arc. Cependant quelques clichés montrent un déplacement des raies précédentes vers le rouge. La plus intense 5218 est la moins sensible contrairement à ce qui a lieu à la cathode. A cette électrode, la raie 5105 subit également un déplacement comme l'indiquent les mesures suivantes :

	5218.	5153.	5105.
$180 < i < 220$..........	$+0,05_4$	$+0,08_8$	$+0,06_3$
$350 < i < 450$..........	$+0,06_3$	$+0,09_0$	$+0,08_1$

Ces mesures comportent de légères erreurs provenant d'une part du phé-

nomène de renversement et d'autre part de la difficulté du pointé. En effet, le renversement d'une raie d'émission se traduit, sur la plaque, par l'enregistrement de deux maxima qui diffèrent, en général, en largeur et en intensité. On peut donc être porté à évaluer une longueur d'onde légèrement différente de celle qui serait mesurée entre deux maxima identiques. Quant à la difficulté du pointé, elle résulte du fait que l'on a à définir la position de la raie déplacée non seulement par rapport aux deux maxima, mais aussi par rapport à la raie fine d'émission (obtenue avec 6 ampères) qui sert de repère pour tous les clichés.

Cependant les grandeurs relatives précédentes restent certaines et montrent que ces déplacements, résultant d'un effet complexe, dépendent, entre autre, des nombres quantiques azimutaux et internes.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Sur la possibilité d'un effet Compton en Optique.* Note de M. **F. Wolfers**, présentée par M. A. Cotton.

Dès la découverte de l'effet Compton, l'on a discuté les possibilités d'existence de cet effet dans le domaine de la lumière visible. Ainsi l'existence des franges de Lloyd (un seul miroir) est incompatible avec l'effet Compton [1], un changement de longueur d'onde de 10^{-4} Å serait aisément manifesté par l'observation de ces franges. Mais d'autres expériences d'interférences, comportant des changements de direction plus importants (ondes stationnaires, franges de Wiener) ou plus nombreux (réflexions multiples), nous semblent devoir suggérer que l'effet Compton en Optique est, non pas seulement très faible, mais rigoureusement nul dans les conditions de ces expériences. Or, si l'on part de l'idée des photons, cela paraît difficile à admettre : pour expliquer l'absence d'un effet appréciable on a proposé divers arguments bien connus, conduisant à un effet infime, mais pas tout à fait nul. Pourtant, considérons l'état des choses à la surface de séparation de deux milieux, par exemple sur un miroir métallique : il semble impossible d'admettre qu'il n'y ait pas là des électrons libres et des ions également libres. De même on sait que des couches monomoléculaires d'huile sur l'eau se comportent à certains égards comme des sortes de gaz à deux dimensions. Nous admettrons donc que les ions et électrons qui forment la couche de transition, sont plus ou moins libres de se mouvoir

[1] Wawilow, *Physik. Zts.*, 26, 1925, p. 436.

sur la surface; par contre le champ de la couche double doit s'opposer aux mouvements normaux à la surface. Un effet du genre de celui de Compton doit donc pouvoir se produire.

Or il est peut-être intéressant de remarquer (et c'est là le but de la présente Note) que, s'il se produit un changement de fréquence lorsqu'un rayon lumineux change de direction à la surface de séparation de deux milieux, en fait cet effet doit être rigoureusement nul lorsqu'il y a réflexion ou réfraction suivant les lois de Descartes.

En effet, soit un rayon faisant avec une surface un angle d'incidence i, se réfléchissant suivant l'angle i' ou se réfractant suivant un angle r. Soit en particulier un quantum incident $h\nu$ qui se trouve dévié par une particule de masse m; celle-ci pourra prendre une vitesse v, dirigée, dans le plan d'incidence, *tangentiellement à la surface*. Soient $h\nu'$ le quantum réfléchi ou réfracté, V sa vitesse dans le deuxième milieu et n l'indice de réfraction. En écrivant qu'il y a conservation de l'énergie et conservation de la quantité de mouvement suivant la surface, on a pour la réflexion :

$$h\nu = h\nu' + \frac{1}{2}mv^2,$$

$$\frac{h\nu}{c}\sin i = \frac{h\nu'}{c}\sin i' + mv;$$

et pour la réfraction :

$$h\nu = h\nu' + \frac{1}{2}mv^2,$$

$$\frac{h\nu}{c}\sin i = \frac{h\nu'}{\mathrm{V}}\sin r + mv = \frac{h\nu'}{c}n\sin r + mv.$$

D'où l'on tire pour le changement de fréquence $\Delta\nu$ (¹) :

Pour la réflexion,

$$\Delta\nu = \frac{h\nu^2}{2mc^2}(\sin i - \sin i')^2 \qquad (i' < i);$$

Pour la réfraction,

$$\Delta\nu = \frac{h\nu}{2mc^2}(\sin i - n\sin r)^2 \qquad (n\sin r \leqq \sin i).$$

Donc $\Delta\nu = 0$ pour $i = i'$ (réflexion régulière), ou $\sin i = n\sin i'$ (réfrac-

---

(¹) Dans l'effet Compton classique, on aurait

$$\Delta\nu = \frac{h\nu^2}{mc^2}(1 - \cos\theta),$$

avec $\theta = \pi - (i + i')$, ou respectivement $\theta = i - r$.

tion régulière). Dans ce calcul on a négligé $\Delta\nu$ devant ν; mais on voit immédiatement que si $i = i'$, ou respectivement si $\sin i = n \sin i'$, on a rigoureusement $\Delta\nu = 0$, et réciproquement.

On peut donc donner aux lois fondamentales de l'optique géométrique l'expression suivante, dans un langage purement quantique : les trajectoires des photons se réfléchissent ou se réfractent à la surface de séparation de deux milieux, de telle sorte que la fréquence des photons reste invariable. Toute difficulté due à l'effet Compton dans les phénomènes d'interférence serait ainsi supprimée.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Sur l'interprétation des expériences de Pogány : influence de l'épaisseur.* Note de M. **Marcel Cau**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note récente ([1]) j'ai indiqué comment on peut expliquer un effet magnéto-optique observé par Pogány : l'augmentation de l'effet Faraday d'une couche mince de fer lorsqu'on la recouvre d'une couche mince d'un métal non ferromagnétique tel que le platine.

J'ai déjà montré que la variation avec l'épaisseur du fer, pour une épaisseur constante du platine, de la rotation supplémentaire calculée est en bon accord avec l'expérience. Pour que l'explication soit satisfaisante, il fallait retrouver aussi les autres résultats expérimentaux.

Variation de l'effet avec l'épaisseur du platine : Premier cas. — La couche de fer Fe_1 d'épaisseur constante ζ_1 est recouverte partiellement d'une couche de platine d'épaisseur variable ζ_2 : il en résulte une variation ρ_2 de la rotation et une variation ε_2 de l'ellipticité.

On les calcule, suivant le procédé indiqué précédemment, à partir du facteur complexe relatif g_1 que l'on obtient en divisant le facteur de transmission de la lame platinée par le facteur de la couche non platinée :

$$g_1 = (1 - a_1) x_2 \cdot \frac{1 + a_2}{1 - a} \cdot \frac{1 - a a' x_1^2}{1 + a' a_2 x_1^2 - a_1 x_2^2 (a_2 + a' x_1^2)},$$

où x_1, x_2 sont les facteurs internes dans le fer et le platine; a_1, a_2 les facteurs de réflexion platine-air, platine-fer; a, a' les facteurs de réflexion fer-air et fer-verre.

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1807.

Adoptant les paramètres déjà utilisés antérieurement et posant $\zeta_1 = 20^{m\mu}$, on trouve les valeurs suivantes, en minutes sexagésimales :

ζ_2..........	0.	10.	20.	30.	40.	50.	100.
ρ_2.............	0	3,05	5,25	6,65	7,35	7,6	7,7
ε_2.............	0	— 8,6	—12,0	—12,9	—13,0	—12,9	— 12,8

On retrouve bien l'allure des variations expérimentales, sauf la diminution de ρ_2 observée parfois pour les grandes épaisseurs, qui est peut-être due à des causes accessoires. Les valeurs mesurées par Pogány sont souvent plus grandes, mais cela est naturel d'après les remarques faites dans ma précédente Note.

Remarque. — Les premières mesures de l'effet Faraday dans le fer ont porté sur des couches électrolytiques déposées sur verre platiné (Kundt, Lobach). On voit que si la couche de platine n'est pas très mince, sa présence doit modifier la rotation magnétique et il peut en résulter des erreurs très sensibles.

Deuxième cas. — Sur une première couche de fer Fe_1 d'épaisseur ζ_1 on dépose une couche de platine Pt d'épaisseur ζ_2 variable, puis une nouvelle couche de fer Fe_2 d'épaisseur ζ_3. L'effet mesuré ρ_3 est la différence entre les rotations dans la lame triple ($Fe_1 + Pt + Fe_2$) et dans le fer seul ($Fe_1 + Fe_2$) : il doit être accompagné d'une ellipticité ε_3.

Si les réflexions intérieures étaient négligeables, ρ_3 se réduirait à $\tau_2 + \tau'_2 = 2',13$ et ε_3 à $\omega_2 + \omega'_2 = -2',15$; ils seraient petits [1] et constants. Ce cas serait approximativement réalisé si les trois couches superposées étaient *séparément* assez épaisses : la lame complexe serait alors pratiquement opaque. En fait les réflexions multiples ne sont pas négligeables.

Le calcul exact s'effectue à partir d'un facteur complexe relatif :

$$g_2 = (1 - a_2)(1 + a_2)\,x_2\,\frac{1 - aa'(x_1 x_3)^2}{(1 + a a_2 x_3^2)(1 + a_2 a' x_1^2) - x_2^2(a_2 + a x_3^2)(a_2 + a' x_1^2)},$$

où x_1, x_2, x_3 sont les facteurs internes de transmission des trois couches.

En supposant $\zeta_1 = \zeta_3 = 20^{m\mu}$, on obtient les valeurs suivantes, en minutes :

ζ_2......	0.	10.	20.	30.	40.	50.	100.
ρ_3	0	5,6	8,25	9,2	9,5	9,6	9,45
ε_3.......	0	—2,25	—2,3	—1,85	—1,55	—1,35	—1,25

[1] Ils diminueraient si les paramètres optiques des deux métaux étaient moins différents et s'annuleraient si les indices de réfraction étaient égaux, ainsi que les indices d'absorption.

La rotation est plus grande que dans le premier cas, ce qui est conforme aux observations de Pogány. Elle diminue légèrement pour les grandes épaisseurs; d'après les résultats publiés par Pogány dans son premier Mémoire, la diminution serait plus marquée et commencerait pour des épaisseurs plus petites; mais il semble, d'après l'auteur, que les couches n'étaient pas d'épaisseur uniforme et, malheureusement, le second Mémoire ne contient pas de résultats détaillés relatifs au platine.

Malgré cette petite discordance probablement apparente, il semble bien que les effets puissent s'expliquer comme je l'ai indiqué, sans introduire d'hypothèses nouvelles.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le spectre magnétique des rayons β émis par le* Th C + C′ + C″. Note de M. **S. V. Sze**, présentée par M. Jean Perrin.

Divers auteurs (1) ont proposé des théories sur la liaison numérique entre les différences énergétiques des composantes d'un spectre des rayons α émis par un corps radioactif et l'énergie des groupes de rayons γ. En ce qui concerne le dépôt actif de thorium, les différences énergétiques, des groupes de rayons α d'après les récentes déterminations de Rosenblum et Valladares (2), et les énergies des groupes de rayons γ sont en bon accord. Or d'après Black (3), ces rayons γ sont convertis en rayons β dans Th D (numéro atomique 82), c'est-à-dire après la désintégration β de Th C″. Ce qui n'est pas facile à concevoir au point de vue de la théorie de Gamow.

Il était désirable de redéterminer l'énergie des rayons β de ces corps avec le plus grand soin afin de discerner l'origine exacte des rayons γ correspondants.

Nous avons étudié le spectre β de Th C + C′ + C″ à l'aide du même dispositif expérimental et de la même méthode pour l'étude du spectre de Th B + C, seulement avec des temps de pose beaucoup plus longs. Les sources utilisées étaient équivalentes en rayons γ à environ 7^{mg} Ra (mesurée au travers de 1^{cm} Pb).

(1) FEATHER, *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 1558-1595; GAMOW, *Constitution of atomic nuclei and radioactivity*, 1931; THIBAUD, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 656.

(2) ROSENBLUM et VALLADARES, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 967.

(3) BLACK, *Proc. Roy. Soc.*, A, 109, 1926, p. 166.

Les raies du spectre sont déterminées relativement à la raie la plus intense de Th B de HR 1398, déterminée par Black ([1]). Les intensités sont estimées visuellement (t. i., très intense; i., intense; m. i., moyennement intense; m. f., moyennement faible; f., faible). Nos résultats expérimentaux sont donnés dans le tableau I :

TABLEAU I.

Intensité.	HR.	Énergie $\times 10^{-5}$ eV.	Intensité.	HR.	Énergie $\times 10^{-5}$ eV.
m. i.	10340	26,36	f.	2310	3,510
t. i.	10100	25,64	f. (*)	2274	3,420
f. (*)	6714	15,69	f. (*)	2124	3,066
f. (*)	6275	14,41	f. (*)	2161	3,154
f. (*)	6185	14,15	m. f.	1980	2,734
f. (*)	4600	9,620	m. i.	1935	2,631
f.	4337	8,883	m. f.	1850	2,450
f. (*)	4162	8,395	m. f.	1822	2,380
f.	4006	7,960	m. f.	1713	2,144
m. i.	3900	7,671	i.	1664	2,041
f. (*)	3670	7,041	f.	1621	1,950
m. f.	3617	6,897	t. i.	1605	1,918
f.	3559	6,739	m. f.	1503	1,711
m. i.	3403	6,318	m. i.	1479	1,663
f. (*)	3200	5,776	f.	1374	1,460
m. i.	3153	5,652	f.	1278	1,283
f.	3039	5,353	m. i.	1249	1,231
m. f.	2928	5,063	f. (*)	1213	1,167
m. f. (*)	2891	4,968	m. f.	1152	1,063
t. i.	2888	4,960	f.	1060	0,912
f. (*)	2858	4,880	m. i.	690,0	0,4037
f. (*)	2731	4,556	i.	683,2	0,3973
t. i.	2612	4,254	f.	659,2	0,3708
f. (*)	2566	4,138	t. i.	657,0	0,3686
f. (*)	2547	4,091	f.	559,0	0,2787
f.	2483	3,936	i.	548,2	0,2592
f. (*)	2444	3,837	m. i.	542,5	0,2539
f. (*)	2380	3,681	t. i.	541,5	0,2530

(*) Ce sont les raies nouvelles.

Nous avons pu déceler l'existence de groupes de rayons β de faible intensité, non encore signalés, notamment les trois groupes de HR 6714, 6275

([1]) SZE, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 874.

et 6185. Nous avons pu également confirmer l'existence du doublet de la raie HR 541, découvert par Rosenblum et Valladares [1].

Une partie des groupes de rayons β rapportés dans le tableau I doit être interprétée comme due aux rayons γ convertis dans l'atome ThC″ (numéro atomique 81), avec une meilleure concordance entre les sommes de l'énergie des rayons β et celle des niveaux exnucléaires. Cette interprétation est donnée dans le tableau II.

TABLEAU II.

Intensité.	Énergie des rayons β $\times 10^{-6}$ eV.	Énergie des niveaux $\times 10^{-6}$ eV.	Énergie des rayons γ $\times 10^{-6}$ eV.	Origine des rayons β.
t. i	0,2530	0,153	0,406	L_1
i	0,2590	0,147	0,4062	L_2
f	0,2787	0,126	0,4047	L_3
t. i	0,3696	0,037	0,4056	M
i	0,3973	0,005	0,4063	N
m. i	0,4037	0,001	0,4047	O
i	2,041	0,852	2,893	K
m. f	2,734	0,153	2,877	L_1
m. f	2,450	0,852	3,302	K
f	3,154	0,153	3,3,7	L_1
t. i	4,960	0,852	5,812	K
m. i	5,653	0,153	5,805	L_1

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Quelques expériences sur les rayonnements excités par les rayons α dans les corps légers.* Note de Mme **Irène Curie**, MM. **F. Joliot** et **P. Savel**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous allons exposer ici le résultat de quelques expériences effectuées par la méthode d'ionisation sur le rayonnement excité par les rayons α dans le glucinium et dans le lithium.

Parcours maximum des rayons H *projetés par les neutrons excités dans le glucinium émis vers l'avant ou vers l'arrière par rapport à la direction des rayons α incidents.* — Avec les neutrons émis vers l'avant et traversant de la paraffine, on observe un groupe de rayons H de parcours maximum 43 mg/cm² d'Al, ce qui correspond à 28cm d'air (en admettant que

(1) Rosenblum et Valladares, *loc. cit.*

1 mg/cm² Al est équivalent à $0^{cm},65$ d'air), ce qui correspond à la valeur que nous avons indiquée tout d'abord. Nous avons observé, de plus, une queue de rayonnement qui produit un courant d'ionisation 4 fois plus faible que le rayonnement H total, et qui ne s'absorbe complètement que dans 110 mg/cm² d'Al. Ce rayonnement n'existe pas si la paraffine est remplacée par du carbone et s'absorbe moins dans Ag que dans Al à masse superficielle égale. Il est donc probable qu'il s'agit de rayons H, de parcours maximum environ 70^{cm}.

Avec les neutrons émis vers l'arrière (angle de 120° à 180° avec les rayons α producteurs), le parcours des rayons H était de 35 mg/cm² Al, soit 23^{cm} d'air.

Les deux groupes de rayons H indiquent l'existence de deux groupes de neutrons (chaque groupe pouvant être hétérogène), de vitesse maximum $3,84 \times 10^9$ et $2,94 \times 10^9$ cm/sec d'énergie maximum $7,8 \times 10^6$ et $4,52 \times 10^6$ eV. On pourrait interpréter le groupe le plus rapide comme résultant de la réaction $Be_9 + \alpha = C_{12} + n\nearrow$ et le second groupe comme produit suivant la formule $Be_9 + \alpha = C_{12} + n\nearrow + \gamma$, puisqu'on a observé des rayons secondaires correspondant à des rayons γ d'énergie quantique comprise entre 2 et $4,5 \times 10^6$ eV.

En admettant ce mode de réaction et en prenant la masse du neutron égale à 1,006 (avec He = 4) (1) comme on peut le supposer d'après la transformation du bore $B_{11} + \alpha = N_{14} + n\nearrow$ (2), on calcule pour Be_9 la masse atomique 9,006 (He = 4). Ceci montre que l'énergie de liaison des particules α et du neutron constituant le noyau Be_9 est vraisemblablement très faible.

En ce qui concerne les neutrons émis vers l'arrière (angle de 180 à 120° avec les rayons α), on devrait prévoir deux groupes de parcours maximum 26 à 32^{cm} et 7 à 10^{cm} respectivement. Nous n'observons qu'un seul groupe de parcours maximum 23^{cm}, intermédiaire entre les valeurs ci-dessus. Il est possible que ceci tienne à la faible précision des expériences sur les neutrons émis vers l'arrière, le courant étant très faible par suite de la canalisation des rayons α.

Chadwick (3) observe pour les neutrons émis vers l'avant ou vers l'arrière (angle de 180°, 90° avec les rayons α), des rayons H de parcours maximum

(1) Chadwick, *Proc. Roy. Soc.*, 136, 1932, p. 692.

(2) Irène Curie et F. Joliot, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1229.

(3) Chadwick, *loc. cit.*

40^{cm} et 22^{cm} respectivement, valeurs qui s'accordent bien entre elles. Toutefois le parcours de 40^{cm} nous paraît difficile à admettre d'après nos courbes d'absorption des protons.

Diffusion des neutrons excités dans le glucinium. — La source étant placée au-dessus de la chambre, nous avons observé une augmentation du courant d'ionisation quand on place au-dessus de la source 2^{cm} de plomb ou de laiton; la chambre était recouverte de 2^{cm} de Pb qui doivent arrêter presque tout le rayonnement γ diffusé. On a placé sur la chambre un écran mince de paraffine et mesuré l'accroissement du courant d'ionisation. On peut voir ainsi que les neutrons rapides sont plus diffusés vers l'arrière sur le plomb que sur le cuivre [1].

Rayonnement excité dans le lithium par les rayons α du polonium. — Nous avons pu voir : 1° que ce rayonnement est dissymétrique. Son intensité et sa pénétration sont un peu plus grandes pour le rayonnement émis vers l'avant par rapport à la direction des rayons α incidents; 2° on a mesuré le rapport R de l'ionisation produite par le rayonnement excité dans Li et le rayonnement γ de Po, la chambre étant remplie d'hydrogène, d'azote ou d'argon. On a avec H^2, $R = 0.55$; avec N^2, $R = 0,31$; avec A, $R = 0,25$ pour le rayonnement émis vers l'avant; 3° le rayonnement excité dans Li est presque complètement absorbé dans un écran de paraffine de 1 g/cm², tandis qu'il faut plus de 4 g/cm² de plomb pour produire la même absorption.

Ces résultats montrent très nettement que le rayonnement de Po + Li présente des caractéristiques d'absorption qui le distingue des radiations γ de pénétrations analogues dans le plomb. Ces expériences indiquent (indépendamment des lois de choc) l'existence d'un rayonnement nouveau très probablement des neutrons.

Nous n'avons pu mettre directement en évidence les protons projetés quand le rayonnement traverse des corps hydrogénés, sans doute parce que les rayons H sont trop courts. Le rayonnement excité par les rayons α du polonium est donc certainement en grande partie constitué par des neutrons de faible vitesse et de faible pénétration (ils sont complètement absorbés dans 5^{mm} de Pb).

M. de Broglie et Leprince-Ringuet [2] ont montré que le lithium excité

---

[1] Quelques observations sur la diffusion des neutrons ont été faites par M. de Broglie et Leprince-Ringuet.

[2] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1616.

par les rayons α du dépôt actif du radium émet des neutrons qui peuvent traverser plusieurs centimètres de plomb. La pénétration des neutrons augmente donc rapidement avec l'énergie des rayons α incidents.

On peut essayer d'établir la formule de réaction nucléaire qui correspond à cette transformation. La transformation de Li^6 en Be^9 suivant la formule $Li^6 + \alpha +$ électron $= Be^9 + n\nearrow$ permet de prévoir la production de neutrons de faible énergie. La réaction $Li^7 + \alpha = B^{10} + n\nearrow$ pourrait s'appliquer à condition d'admettre pour le neutron une masse un peu plus faible que la valeur calculée précédemment, et pour Li^7, une masse un peu plus grande que celle qui est donnée dans les tables, tout ceci dans les limites d'erreurs admises.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Émission possible de demi-hélions lors de certaines radioactivités provoquées.* Note de M. **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai montré, dans une Note sur la constitution des noyaux atomiques légers ([1]), que les formules obtenues en admettant les protons et électrons nucléaires unis pour former d'abord le plus grand nombre possible d'hélions α (masse 4, charge 2) puis de neutrons ω (masse 1, charge 0) suggèrent l'existence d'un autre constituant intermédiaire le *demi-hélion* η (masse 2, charge 1), résultant de l'union d'un proton et d'un neutron. Il semble en effet qu'un proton ne puisse être retenu dans un noyau que par des forces le liant à un neutron, et non aux hélions, car aucun noyau connu ne contient de proton libre sans contenir au moins un neutron.

Notamment dans le noyau de l'atome d'azote $N^{14}(\alpha_3\omega\pi)$ il est probable que le proton π est lié au neutron ω, et j'avais indiqué que peut-être dans les transmutations provoquées par bombardement des atomes d'azote avec des particules α, les particules ionisantes émises sont des demi-hélions et non des protons ([2]). La transmutation, avec capture de la particule α, conduirait alors à un atome normal d'oxygène O^{16}, tandis que l'émission d'un proton aboutit à la formation d'un atome O^{17}.

([1]) F. Perrin, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1343.

([2]) La possibilité d'émission de demi-hélions lors de transmutations provoquées a été considérée depuis par N. Feather (*Pr. Roy. Soc.*, A, 136, 1932, p. 709) pour l'azote bombardé par des neutrons.

Une comparaison entre les résultats obtenus dans l'étude de cette transmutation par la mesure des parcours des particules émises (scintillations, compteur électrique), et par photographie, au moyen d'un appareil Wilson, des trajectoires fourchues correspondantes, permet de trancher entre ces deux hypothèses.

Les mesures de parcours ont mis en évidence pour l'azote un seul groupe de particules projetées ([1]); elles s'interprètent dans l'hypothèse de protons projetés en admettant, lors de la transmutation, une *absorption* d'énergie de $1,35.10^6$ eV (électron-volt).

Les photographies de fourches de transmutation sont peu nombreuses. Dans son dernier travail de révision Blackett n'en retient que neuf pouvant être bien mesurées ([2]). En admettant la conservation de l'impulsion, la grandeur des angles de la fourche donne directement les impulsions de la particule projetée et du noyau formé. On peut d'autre part mesurer le parcours de ce noyau, mais en général on ne connaît pas celui de la particule projetée qui sort de l'appareil. Blackett a montré que dans l'hypothèse d'un proton projeté, huit fourches, sur les neuf retenues, s'interprètent de façon satisfaisante, et conduisent, avec des écarts admissibles d'après l'erreur probable des mesures, à une absorption d'énergie lors de la transmutation de $1,27.10^6$ eV, en accord avec la valeur déduite des mesures de parcours. Mais une des fourches (n° 2 de Blackett), quoique techniquement aussi bonne, conduit toujours dans l'hypothèse d'un proton projeté, à un *dégagement* d'énergie de $0,94.10^6$ eV; un tel écart qui vaut cinq fois l'erreur probable ne peut être dû aux erreurs de mesures. En admettant ce dégagement d'énergie on peut calculer que les protons correspondants auraient un parcours maximum vers l'avant de 45^{cm} pour des particules α incidentes de polonium; or les mesures au compteur électrique n'indiquent dans ce cas aucune particule projetée d'un parcours supérieur à $17^{cm},5$. Blackett signale cette difficulté sans en donner d'interprétation.

Si l'on suppose au contraire que la particule projetée dans cette fourche anormale est un demi-hélion, on trouve, en suivant la méthode de calcul de Blackett (et admettant qu'un demi-hélion a un parcours double de celui d'un proton de même vitesse) que la transmutation correspondante doit se faire avec une *absorption* d'énergie de $2,43.10^6$ eV, et que le parcours du

---

(1) J. Chadwick, J. Constable, E. Pollard, *Proc. Roy. Soc.*, A, 130, 1931, p. 463.
(2) P. M. S. Blackett, D. S. Lees, *Proc. Roy. Soc.*, A, 136, 1932, p. 325.

demi-hélion projeté doit être $10^{cm},5$. Pour des particules α incidentes de polonium, le parcours maximum vers l'avant de demi-hélions émis avec cette absorption d'énergie serait $7^{cm},2$; il est très possible qu'un groupe de particules de ce parcours, ayant une intensité de l'ordre du dixième de celle du groupe principal, existe, les mesures n'ayant pas été faites pour des parcours inférieurs à 10^{cm}.

Admettant que la fourche anormale n° 2 correspond à l'émission d'un demi-hélion, on peut, d'après le bilan de masse de la transmutation, calculer le poids atomique inconnu de l'isotope de l'hydrogène H^2 dont les atomes ont pour noyaux des demi-hélions. Ce bilan s'écrit

$$N^{14} + He^4 = O^{16} + H^2 - \frac{1}{c^2}Q,$$

Q étant l'énergie absorbée par atome-gramme transformé. D'après les valeurs connues des poids atomiques N^{14}, He^4, O^{16} et la grandeur de l'énergie absorbée qui résulte de l'étude de la fourche n° 2 de Blackett, on trouve (dans le système $He^4 = 4,000$)

$$H^2 = 2,0115 \pm 0,0005.$$

Cette valeur est satisfaisante du point de vue des conditions de stabilité interne. Elle est en effet inférieure à $2H^1 = 2,0144$ et à $H^1 + \Omega^1 = 2,0133$ ($\Omega^1 = 1,0061$ étant le poids atomique des neutrons d'après J. Chadwick), ce qui indique que le demi-hélion peut se former avec dégagement d'énergie à partir de deux protons et d'un électron ($+ 2,7.10^6$ eV) ou à partir d'un proton et d'un neutron ($+ 1,65.10^6$ eV). Elle est d'autre part supérieure à la différence $Li^6 - He^4 = 2,008$, ce qui est nécessaire pour que l'atome Li^6 soit stable.

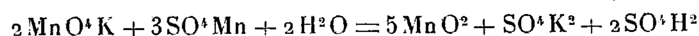
CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction du permanganate par le sulfate de manganèse.* Note de M. **Pierre Dubois**, transmise par M. G. Urbain.

On a décrit environ 150 oxydes, de formules comprises entre $MnO^{1,2}$ et MnO^2, obtenus par des méthodes variées d'oxydation ou de réduction des sels de manganèse.

De nombreux auteurs indiquent combien il est difficile de préparer du

bioxyde pur (¹) et certains expliquent cette anomalie par l'adsorption de manganèse bivalent sur le bioxyde (²).

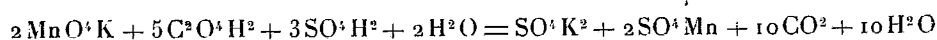
Je montrerai, dans cette Note, que la réaction théorique de Gorgeu :



$$2\,MnO^4K + 3\,SO^4Mn + 2\,H^2O = 5\,MnO^2 + SO^4K^2 + 2\,SO^4H^2$$

ne donne pas seulement MnO^2 ou Mn^6O^{11} (³), en variant les conditions opératoires, mais aussi des pseudo-bioxydes pour lesquels le déficit en oxygène peut être considérable.

Préparation et analyse des oxydes. — La réduction du permanganate (environ 50$^{cm^3}$ de solution 0,5 *n*) par l'acide oxalique :



$$2\,MnO^4K + 5\,C^2O^4H^2 + 3\,SO^4H^2 + 2\,H^2O = SO^4K^2 + 2\,SO^4Mn + 10\,CO^2 + 10\,H^2O$$

donne le sulfate manganeux et du sulfate de potassium qui n'intervient pas dans la réaction de Gorgeu. On obtient le pH choisi pour l'expérience, par addition de carbonate de potassium et départ, à chaud, du gaz carbonique.

D'après les relations ci-dessus, il faudrait verser, dans la solution manganeuse, une quantité de permanganate égale aux deux tiers de celle réduite par l'acide oxalique pour précipiter complètement le manganèse sous forme de bioxyde. Les oxydes obtenus par précipitation totale ou partielle ont été agités 15 minutes en présence de leur solution mère. Après lavage, l'oxygène a été dosé par l'acide oxalique et le manganèse par potentiométrie (⁴). Ainsi deux liqueurs, titrées l'une par rapport à l'autre, acide oxalique et permanganate, suffisent à l'établissement des formules.

Influence de la concentration en SO^4Mn, *au cours de la précipitation, et oxydation des précipités par le permanganate.* — L'étude a été faite en milieu tamponné (sulfate-bisulfate de potassium), à pH = 2 environ, et à 60°, en versant dans le sulfate manganeux, pour la formation de chaque précipité, une partie de la quantité du permanganate nécessité par la réaction de Gorgeu. Sur la figure 1, l'abscisse 100 représente cette quantité et, dans le cas où l'on emploie environ 75 centièmes de celle-ci, le manganèse disparaît de la solution. La composition des oxydes est sensiblement constante pendant la précipitation et voisine de $MnO^{1.87}$; ce qui diffère assez notablement de Mn^6O^{11} ou $MnO^{1.83}$ (⁴). D'autres auteurs ont d'ailleurs

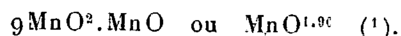
(¹) GORGEU, *Bull. Soc. chim.*, 4, 1890, p. 16; M. GELOSO et P. DUBOIS, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 296.

(²) VAN BEMMELEN, *Zeit. f. anorg. Chemie*, 23, 1900, p. 321; M. GELOSO, *Thèse*, p. 27 (Masson, éditeur, 1926).

(³) GORGEU, *Ann. phys. Chem.*, 3ᵉ série, 66, 1862, p. 153.

(⁴) PIERRE DUBOIS, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1162.

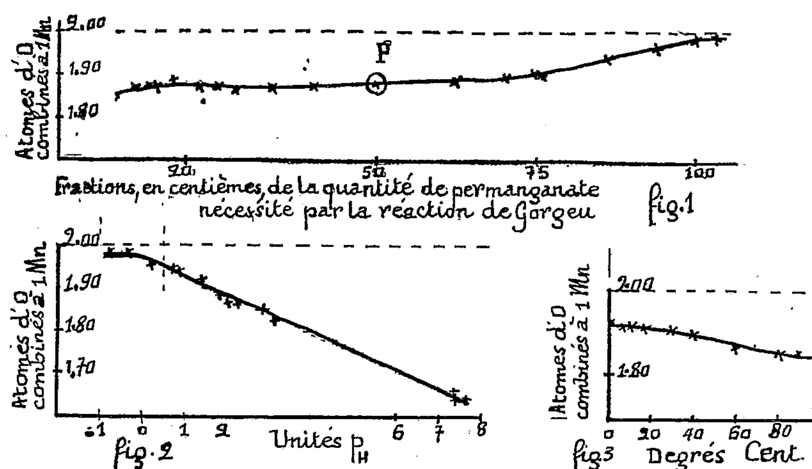
obtenu, dans des conditions assez voisines, d'autres oxydes tels que



$$9MnO^2.MnO \quad \text{ou} \quad MnO^{1,96} \quad (^1).$$

Le permanganate, ensuite ajouté, réagit sur le précipité dont la formule tend lentement vers MnO^2.

Influence du pH *au cours de la précipitation* (*fig.* 2). — Les oxydes ont été préparés comme pour le point P (*fig.* 1). Il restait donc du sulfate



manganeux en solution. J'ai utilisé les tampons : sulfate-bisulfate de potassium et borate de sodium-acide borique. La quantité d'oxygène, dosable par l'acide oxalique, n'est pas modifiée : par une quantité de tampon beaucoup plus grande que celle strictement nécessaire ou, aux pH voisins de 2, par la présence d'acide borique.

De pH = 0,5 à pH = − 1 [2], le permanganate ne réagit qu'incomplètement sur le sel manganeux. En outre, à ces pH, les oxydes sont attaqués par l'acide sulfurique qui donne une solution violet rouge ayant l'apparence de l'acide permanganique.

Enfin, à des pH plus bas que − 1, le permanganate ne donne plus de précipité et il se dégage lentement de l'oxygène.

Influence de la température. — Dans les conditions définies pour le point P, les variations de la température provoquent de petites variations de la composition (*fig.* 3). Des expériences sont en cours au sujet de l'interprétation de l'ensemble des résultats.

---

(1) CHESNEAU, *Revue de Métallurgie*, 4, 1907, p. 97.

(2) Les forces électromotrices mesurées ont été encore traduites en pH, bien que le calcul ne soit rigoureusement valable que pour les solutions étendues.

CHIMIE MINÉRALE. — *L'aminosulfonamide ou sulfamide* $NH^2.SO^2.NH^2$. Note de MM. **M. Battegay** et **L. Denivelle**, présentée par M. Delépine.

Le principe général de la préparation des aminosulfonamides, qui a fait l'objet d'une Communication récente ([1]), nous a incités à l'appliquer également à l'obtention réputée délicate, du terme le plus simple, l'aminosulfonamide $NH^2.SO^2.NH^2$, qui est désigné généralement sous le nom de sulfamide.

Depuis la découverte de Regnault ([2]), qui l'a obtenu par l'action de l'ammoniac sur le chlorure de sulfuryle, ce corps a occupé de nombreux chercheurs ([3]), qui ont essayé d'éclaircir le mécanisme de la réaction et notamment d'en augmenter le rendement. Malgré toutes ces recherches, la préparation de la sulfamide continue d'être laborieuse. Ces recherches justifient l'observation faite, par Ephraïm et ses collaborateurs, lors de la description de leurs propres efforts, que la préparation de grandes quantités de sulfamide, en dépit de sa structure simple, compte([4]) et demeure([5]) parmi les problèmes difficiles.

Le principe que nous utilisons, tout en n'engageant théoriquement qu'un tiers du soufre pratiquement mis en œuvre, surmonte ces difficultés par la netteté des transformations et par la facilité de la séparation de l'aminosulfonamide. Il s'agit de faire réagir, en milieu benzénique anhydre, l'ammoniac sur les dérivés chlorosulfonylés de la formule générale $(RCO)^2N-SO^2Cl$ correspondant aux N-chlorosulfonylimides. Les dérivés des amides non substituées ($Cl.SO^2NH.CO.R.$) qui, théoriquement, se prêteraient également à la réaction, ne peuvent convenir, conformément à une étude qui fera l'objet d'une Communication ultérieure.

Nous sommes partis de la phtalimide qui fournit la N-chlorosulfonylphtalimide, d'après la méthode décrite pour les amides ([6]); action de la phtalimide sodée sur du chlorure de sulfuryle. Six grammes de sodium

---

([1]) M. Battegay et J. Meybeck, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 186.

([2]) Regnault, *Ann. Ch. Ph.*, 69, 1838, p. 170.

([3]) Voir la littérature réunie par Ephraïm, Michel, *D. chem. Ges.*, 42, 1909, p. 3833; Traube, Reubkbe, *D. chem. Ges.*, 55, 1923, p. 1656.

([4]) Ephraïm, Gurewitsch, *D. chem. Ges.*, 43, 1910, p. 138.

([5]) Ephraïm, Lasocki, *D. chem. Ges.*, 44, 1911, p. 395.

([6]) M. Battegay, L. Denivelle et J. Meybeck, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1195.

finement divisé, sont introduits dans une solution de 40^g de phtalimide dans 500^{cm^3} de diméthylaniline. On chauffe le tout à une température voisine de 160° qui déclenche la réaction avec départ d'hydrogène et formation d'une bouillie du dérivé sodique. Lorsque tout dégagement gazeux cesse, le sodium ayant disparu, on laisse refroidir, filtre rapidement et lave au benzène jusqu'à élimination totale des dernières traces de diméthylaniline [1].

Le dérivé sodique ainsi obtenu est mis en suspension dans le benzène et introduit petit à petit, en agitant bien, dans une solution également benzénique de 30^{cm^3} de chlorure de sulfuryle dans 100^{cm^3} de ce solvant. Le tout est maintenu entre 0 et 5° pendant 6 heures. On filtre ensuite, épuise plusieurs fois le résidu au benzène à froid, réunit les différents filtrats et les concentre sous vide. On obtient ainsi le N-chlorosulfonylphtalimide qui, après recristallisation, se présente avec un rendement de 60 à 70 pour 100 de produit pur en cristaux blancs, inodores, fusibles à 160°.

Analyse : Subst., $0^g,3044$; SO^4Ba, $0^g,2886$, soit 13 pour 100 S; Subst., $0^g,300$, ClAg, $0^g,177$, soit 14,59 pour 100 Cl; Subst., $0^g,230$, temp. 21° sous 739^{mm}, $v = 11^{cm^3},9$ N^2, soit 5,85 pour 100 N. Calculé pour $C^8H^4O^4NSCl$: 13,034 pour 100 S, 14,46 pour 100 Cl, 5,7 pour 100 N.

Cette N-chlorosulfonylphtalimide, traitée en milieu benzénique anhydre, à froid, avec de l'ammoniac desséché, conduit à un précipité se déposant bien et qui, en nous reportant aux résultats de l'action de l'ammoniac sur les N-chlorosulfonylamides, devrait contenir, à côté de chlorure d'ammonium, de l'aminosulfonamide et de la phtalamide ou de la phtalimide. En réalité, ce précipité facilement soluble dans l'eau ne peut contenir ni phtalamide ni phtalimide, et d'autre part, ne cédant rien à l'acétate d'éthyle pur [2], il ne peut renfermer de l'aminosulfonamide.

La solution aqueuse du précipité débarrassé d'ammoniac n'est toutefois pas stable, elle est limpide et neutre au début, mais se trouble rapidement et précipite, au bout de peu de temps, la phtalimide prévue, en donnant un filtrat franchement acide qui, évaporé sous vide à 25°, mène à un résidu, d'où l'acétate d'éthyle retire, sans difficulté, l'aminosulfonamide attendue.

(1) On peut également employer pour la préparation de la phtalimide sodique les modes de préparation décrits par GABRIEL, *D. Chem. Ges.*, 20, 1887, p. 2226, par BLACHER, *D. Chem. Ges.*, 28, 1895, p. 433, et par J. HOBECK, E. BRITTON, *Am. Chem. Soc.*, 41, 1919, p. 841, qui risquent toutefois de provoquer une scission partielle de la phtalimide.

(2) OTTO RUFF, *D. chem. Ges.*, 36, 1903, p. 2901.

Nous devons conclure de ces faits que le précipité formé à froid, dans le benzène, constitue une première phase et qu'elle correspond à la phtalaminosulfonamide, soluble dans l'eau, où elle subit, dans une deuxième phase, une scission en phtalimide et trisulfimide, laquelle hydrolysée elle-même, donne naissance à de l'aminosulfonamide et aux acides aminosulfonique et sulfurique.

L'aminosulfonamide recueillie en cristaux ambrés fond à 92°, et le rendement correspond à 92 pour 100 de celui prévu par la théorie.

La décomposition de la phtalaminosulfonamide peut s'effectuer déjà dans le milieu benzénique à la condition d'opérer à l'ébullition. Dans ce cas, le précipité formé se dépose difficilement; il est gélatineux, adhère à la paroi du ballon et obture facilement le tube d'introduction d'ammoniac. Ce précipité n'est plus que partiellement soluble dans l'eau froide; il se compose de phtalimide, de chlorure d'ammonium et de trisulfimide.

L'hypothèse de la formation intermédiaire de phtalaminosulfonamide a pu être appuyée par la préparation de la phtalaminosulfonméthylanilide cristallisée, qui est stable et fond à 160°. En effet, celle-ci obtenue en substituant à l'ammoniac la monométhylaniline est dépourvue de l'atome d'hydrogène indispensable pour la formation de phtalimide.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *La thionylaniline comme réactif en chimie organique, son emploi pour la caractérisation des acides à l'état d'anilides.* Note de MM. **P. Carré** et **D. Libermann**, transmise par M. G. Urbain.

La thionylaniline, $C^6H^5N=SO$, s'obtient avec la plus grande facilité et avec un excellent rendement par l'action du chlorure de thionyle sur le chlorhydrate d'aniline en suspension dans le benzène [1].

Nous nous sommes proposé de rechercher si ce composé peut réagir de manière analogue à l'isocyanate de phényle : 1° sur les alcools, par addition, pour former des composés du type $C^6H^5NH.SO(OR)$; 2° sur les acides pour donner des anilides, suivant



$$R.COOH + C^6H^5N=SO = R.CO.NH.C^6H^5 + SO^2.$$

La seconde de ces prévisions seule s'est trouvée vérifiée.

Les alcools ne réagissent pas par addition avec la thionylaniline. Ils

(1) Michaelis et Herz, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 24, 1891, p. 746.

restent inaltérés ou bien sont déshydratés en carbures éthyléniques. C'est ainsi que la thionylaniline se dissout sans altération dans l'alcool absolu bouillant; que l'alcool *n*-butylique est déshydraté, à l'ébullition, par la thionylaniline pour donner du butylène, en majeure partie polymérisé, du gaz sulfureux et de l'aniline. Il ne se produit pas non plus de réaction, par addition, des alcools avec la thionylaniline en présence de la pyridine qui, dans certains cas, facilite l'action de l'isocyanate de phényle. Le phénol ne réagit pas sur la thionylaniline à 185°.

Les acides, chauffés avec la thionylaniline, peuvent réagir avec formation d'anilides correspondantes.

La réaction se produit à des températures variables et avec des facilités diverses selon la nature de l'acide.

Elle est aisément réalisée dans le cas des acides saturés de la série grasse. L'acide formique réagit dès la température ordinaire, avec échauffement, pour donner la formanilide; les acides acétique, *n*-butyrique, caprique, stéarique, phénylacétique, chauffés avec une proportion équimoléculaire de thionylaniline jusqu'à la température à laquelle commence le dégagement de gaz sulfureux (110 à 180° suivant l'acide), fournissent les anilides correspondantes.

Les acides aromatiques, comme l'acide benzoïque, les acides naphtoïques, réagissent aussi sur la thionylaniline, à chaud, mais il se forme dans ce cas très peu d'anilide correspondante; la réaction donne principalement des matières colorées (vert, bleu ou violet foncé) contenant du soufre.

La présence d'une liaison non saturée dans l'acide peut troubler la réaction. L'acide diméthylacrylique ne réagit pas sur la thionylaniline à 180-190°. L'acide cinnamique réagit de manière complexe avec dégagement de gaz sulfureux, d'hydrogène sulfuré, et production de résines dont nous n'avons pu séparer d'anilide. Si la liaison non saturée est assez éloignée de la fonction acide, l'anilide se forme régulièrement; ainsi, les acides undécylénique et oléique sont transformés en anilides dans les mêmes conditions que les acides saturés de la série grasse.

Les acides bibasiques réagissent également sur la thionylaniline avec production d'anilides. L'acide oxalique, chauffé avec deux molécules de thionylaniline, fournit la dianilide correspondante. L'acide malonique ne donne que des produits résineux incristallisables (il en est de même avec l'isocyanate de phényle). Les acides succinique, glutarique et sébacique donnent aussi les dianilides correspondantes. L'acide phtalique est transformé par la thionylaniline en anile phtalique $C^6H^4(CO)^2N.C^6H^5$.

La thionylaniline peut donc être utilisée pour caractériser la plupart des acides à l'état d'anilides. Le réactif n'est pas à conseiller pour les acides aromatiques dans lesquels le groupe acide est directement fixé sur le noyau, ni dans la série malonique, ni pour certains acides non saturés, spécialement lorsque la liaison non saturée se trouve au voisinage de la fonction acide.

CATALYSE. — *Sur la décomposition thermique de l'isopentane en présence de gel de silice.* Note de MM. **Mailhe** et **Creusot**, présentée par M. C. Matignon.

Nous avons montré dans une série de travaux antérieurs ([1]) que les carbures éthyléniques gazeux et liquides se transformaient à partir de 650° sous l'action de silicagel en un mélange de carbures éthyléniques liquides et de carbures aromatiques. Il était intéressant d'examiner comment se comportent les hydrocarbures forméniques en présence du même catalyseur.

W. J. Piotrowski et J. Winkler ([2]) ont décomposé au contact de silicagel le mélange naturel de propane et de butane purs (gaz naturels de Boryslaw). Dunstan, Hague et Wheeler ([3]) ont étudié l'action de la chaleur sur les carbures forméniques. Les uns et les autres ont obtenu des carbures éthyléniques et aromatiques. Tout récemment, Matignon, Kling et Florentin ([4]) ont étudié la formation des carbures éthyléniques à partir des carbures forméniques gazeux, au contact de certains catalyseurs.

Visant particulièrement la production d'hydrocarbures liquides, nous avons étudié la décomposition thermique de l'isopentane au contact du gel de silice, à la pression atmosphérique. Or l'action de la chaleur sur les chaînes hydrocarbonées conduit pour un même catalyseur à des résultats essentiellement différents (condensation, morcellement), selon les valeurs respectives de la température et de la durée d'action.

Nous avons donc opéré sur une échelle de température qui allait de 500° à 800° et pour des durées de chauffage variant de 50 à 7 secondes. Cette

([1]) Mailhe et Renaudie, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 265 et 851; 192, 1931, p. 429 et 566.

([2]) Piotrowski et J. Winkler, *Przemysl Chemiczny*, 14, février 1930, p. 49 et 83.

([3]) Dunstan, Hague et Wheeler, *J. Soc. Chem. Ind.*, 60, T, août 1931, p. 313.

([4]) Matignon, Kling et Florentin, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1040.

étude, dont nous donnerons ailleurs le détail, nous a montré qu'une bonne transformation en produits liquides moyens a lieu dans les conditions suivantes : température 680°, durée d'action 15 secondes. Les produits condensables ont été retenus par de la neige carbonique et du charbon actif.

A partir de 1000g d'isopentane :

$$E = 30\text{-}32^\circ, \quad D_{15}^{15} = 0{,}628, \quad n_D^{15} = 1{,}3567,$$

nous avons obtenu 750 litres de gaz et 245g de liquide.

La composition du gaz est la suivante :

C^nH^{2n}	45,8 pour 100
H^2	11 »
C^nH^{2n+2}	39,3 »

Nous y avons caractérisé : l'éthylène, le propylène, le butadiène dans les carbures éthyléniques; quant aux carbures forméniques, ils brûlent en donnant un volume de CO^2 qui, rapporté au volume de carbures qui lui a donné naissance, est 1,2 fois celui-ci. Ces carbures contiennent donc du méthane en très forte proportion.

Le désessenciement libère, en plus de l'essence, des vapeurs difficilement condensables, dont la composition est la suivante :

C^nH^{2n}	68 pour 100
C^nH^{2n+2}	31,6 »

Les carbures forméniques brûlent en donnant un volume de CO^2 tel que le rapport de combustion est égal à 4,7, et les carbures éthyléniques ont un rapport de combustion égal à 3,4.

L'essence recueillie et le produit condensé par la neige carbonique, pèsent ensemble 245g. Leur fractionnement donne d'abord des vapeurs qui passent avant 20° (fraction 1 du tableau ci-après et ont la composition suivante :

	Pour 100.	Rapport de combustion.
C^nH^{2n}	96	4,3
C^nH^{2n+2}	4	4,4

Le fractionnement total de ce liquide donne ensuite :

N°.	Fractions.	Poids (gr).	Poids %.	D_{15}^{15}.	Ind. d'I.	n_D^{15}.
1	< 20°	38g	15,5			
2	20- 30	15	6,1	0,644	123	1,3785
3	30- 40	28	11,4	0,652	137	1,3783
4	40- 50	15	6,1	0,645	138	1,3896
5	50- 60	3	1,2	0,674	133	1,4252
6	60- 75	9	3,6	0,680	127	1,4457
7	75- 90	32	13	0,861	46	1,4918
8	90-100	13,5	5,5	0,872	69	1,4981
9	100-110	8	3,2	0,872	51	1,4988
10	110-130	9	3,7	0,875	93	1,5027
11	130-150	9	3,7	0,883	144	1,5100
12	150-180	5,5	2,2	0,863	189	1,5241
13	180-200	3	1,2	0,982	168	1,5617
14	200-230	12	4,9	naphtal.		
15	230-280	4	1,6	1,006	76	1,5968
16	> 280	14	5,7			

On remarque dans ce tableau :

1° Le fort indice d'iode des fractions extrêmes, très riches en carbures éthyléniques;

2° La chute de cet indice pour les fractions moyennes, de 7 à 11, fractions pour lesquelles l'augmentation de n_D^{15} indique, ce que la nitration confirme, la présence du benzène, du toluène, du xylène. Les fractions 7 à 11 ne laissent aucun résidu ayant résisté à l'action du mélange nitrant.

La naphtaline a été isolée; la fraction 14 en est presque entièrement constituée. La fraction n° 16 est un brai gras.

Ces résultats montrent qu'à 680°, pour une durée de chauffage de 15 secondes, la décomposition de l'isopentane en présence de gel de silice donne, à côté d'une abondante production de gaz (75 pour 100), 25 pour 100 d'une essence extrêmement riche en carbures éthyléniques et aromatiques.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Teintes dues au pléochroïsme des cristaux et des sphérolites colorés artificiellement.* Note de M. **Paul Gaubert.**

Les cristaux en voie de formation peuvent être colorés par l'addition d'une matière colorante à l'eau mère ou à la substance fondue, cristallisant ensuite par refroidissement (¹). Mais ce n'est qu'exceptionnellement qu'il

(¹) P. Gaubert, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 109.

se produit une véritable coloration due à la formation d'une solution solide.

Les cristaux colorés sont polychroïques (polychroïsme accidentel) et généralement la loi de Babinet s'applique. Les matières colorantes n'étant pas monochromatiques, le cristal traversé par la lumière rectilignement polarisée présente suivant les diverses directions des teintes complexes différentes, qu'il est souvent possible d'interpréter en se basant sur le fait suivant.

L'intensité du pléochroïsme accidentel dépend de la biréfringence du cristal coloré et aussi de la longueur d'onde; plus celle-ci est courte, plus le polychroïsme est énergique ([1]).

Par conséquent une lame cristalline parallèle au plan des axes optiques (le polychroïsme y est le plus fort), convenablement colorée avec une substance transparente surtout pour le rouge et bleu (couleurs violettes en général : violet hexaméthylé, violet de gentiane, etc.), pourra sous une certaine épaisseur, à cause de l'inégalité de l'intensité du polychroïsme des deux radiations, montrer avec la lumière polarisée rectilignement une teinte violette (mélange de bleu et de rouge) suivant la direction du plus grand indice n_g et une teinte rouge suivant n_p. Si le cristal était plus épais il serait violet dans les deux positions, mais plus foncé suivant n_g que suivant n_p; plus mince il serait tout à fait incolore suivant n_p.

On peut aussi dire que, dans les conditions indiquées ici, avec la lumière polarisée rectilignement, suivant la direction de propagation la plus faible de la lumière, la teinte contient une proportion plus grande de radiations à grande longueur d'onde que suivant les autres directions.

Avec des cristaux d'acide phtalique, d'oxalate d'urée, très biréfringents (de l'ordre de 0,3) et pouvant se présenter en belles lames parallèles au plan des axes optiques, il est facile de vérifier le fait avec un spectroscope oculaire permettant de comparer les teintes du cristal à celle de la matière colorante dissoute dans l'eau.

Les considérations qui précèdent permettent d'interpréter les teintes observées dans les minéraux polychroïques s'il s'agit de solutions solides. Elles expliquent aussi les couleurs différentes présentées parfois dans des cristaux montrant la division en secteurs (acide méconique).

Avec les cristaux obtenus par solidification d'une masse fondue, les résultats sont en général identiques à ceux fournis par les substances ayant

---

([1]) P. Gaubert, *Comptes rendus*, **149**, 1909, p. 1004; P. Leroux, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 162.

cristallisé dans une eau mère colorée. Mais il n'en est pas de même avec certains sphérolites, du moins pour les couleurs violettes (violet hexaméthylé), et composées de bleu et de rouge. Il se produit, en effet, une sélectivité extraordinaire. Ainsi les sphérolites à enroulement hélicoïdal, colorés par le bleu hexaméthylé (2 à 4 pour 100), donnent en lumière naturelle, des anneaux alternativement bleus et rouge violacé. Les sphérolites d'hélénine (alantolactone) dans lesquels la rotation se fait autour de l'indice de réfraction moyen n_m, montrent le phénomène d'une manière remarquable. Les anneaux perpendiculaires à la bissectrice n_g sont d'un beau bleu et ceux perpendiculaires à n_p ou aux axes obliques d'un rouge plus ou moins violacé ([1]).

Les fibres des sphérolites des formes α et β de la vanilline, colorés par une matière colorante violacée et même bleue, mais contenant un peu de rouge, montrent avec la lumière polarisée rectilignement une teinte bleue suivant n_g et une teinte rouge violacée suivant n_p. L'absorption est plus grande ici suivant n_p. Il est probable qu'il faut attribuer cette anomalie au pseudopolychroïsme.

En effet, il y a une certaine absorption de la lumière produite par les fentes très étroites existant entre les fibres. Suivant leur largeur, ce sont les rayons de l'une ou de l'autre extrémité du spectre qui sont les plus absorbés (G. Quincke). Par l'addition convenable de matières étrangères incolores([2]), modifiant la fibrosité, il se produit des sphérolites (propionate de cholestérine, cholestérine, etc.), dont les fibres ont une teinte rouge brun quand leur allongement est perpendiculaire à la section principale du nicol alors qu'elles sont incolores, parallèlement à ce dernier.

La teinte anormale des fibres de vanilline examinées en lumière polarisée rectilignement est par conséquent due à deux phénomènes, dont les effets se superposent, au pléochroïsme et au pseudopolychroïsme, par conséquent il n'est pas toujours possible de prévoir les teintes pouvant se produire avec une matière colorante donnée, alors que cela l'est avec les cristaux parfaits, dont les teintes sont seulement dues au polychroïsme.

([1]) Le polychroisme de l'hélénine indique bien que son intensité est liée à la biréfringente. Celle-ci, qui est de 0,020 à la température ordinaire, diminue quand cette dernière s'élève (P. Gaubert, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 973). La sélectivité des couleurs diminue graduellement dans le même sens. Les zones bleues deviennent violettes comme le reste de la préparation.

([2]) P. Gaubert, *Bull. Soc. fr. de Min.*, 32, 1909, p. 431.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur les déplacements périodiques des continents.* Note de M. N. **Stoyko**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les données provenant des services horaires dans divers observatoires depuis 1920, et centralisées au Bureau international de l'heure à l'Observatoire de Paris, révèlent une variation périodique dans les longitudes de ces observatoires. Nous avons émis l'hypothèse (¹) que ces variations ont leur source dans des déplacements périodiques des continents avec une période approximative de 11 ans, l'amplitude des déplacements variant entre $0^s,03$ et $0^s,06$ pour les stations étudiées.

Les derniers résultats de l'année 1931 pour l'observatoire de Washington (W) et pour ceux d'Europe (Eu), ainsi que les résultats de l'année 1930 pour l'observatoire de Tokyo (T), confirment cette hypothèse et permettent de calculer la période avec une précision plus grande qu'auparavant.

Nous avons représenté sur le graphique ci-après les variations observées des longitudes entre Washington (W) et les observatoires de l'Europe continentale (Leningrad, Neuchâtel, Paris, Potsdam, Poulkovo et Uccle) dans le sens W-Eu, entre Greenwich (G) et les mêmes observatoires d'Europe dans le sens G-Eu, entre les stations d'Europe orientale (R) et les stations de l'Europe occidentale (Neuchâtel, Paris et Ucele) dans le sens Eu_0-R et enfin entre les observatoires d'Europe continentale (Eu) et Tokyo (T) dans le sens Eu-T.

En partant des courbes de ce graphique, nous avons trouvé, pour la période des déplacements continentaux, les valeurs suivantes :

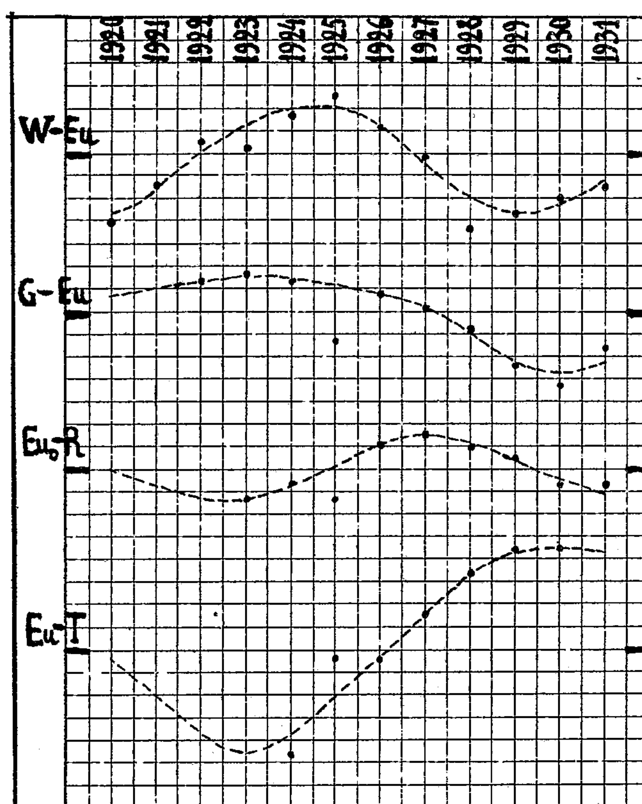
Stations.	Période.	Poids.
W-Eu	9¾ années	2
G-Eu	14 »	1
Eu_0-R	10 »	1
Eu-T	14 »	1
Moyenne	11,5 »	5
Erreur probable	∓ 0,7	

Ainsi la période des déplacements des continents est de l'ordre de celle

(¹) N. Stoyko, *Sur la mesure du temps et les problèmes qui s'y rattachent*, p. 109 (Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1931).

des taches solaires et l'on peut supposer en premier lieu que la relation entre ces deux périodes a existé auparavant.

En corrigeant de cette variation périodique supposée les anciennes longitudes (de 1866 à 1914) entre Washington et l'Europe, nous avons trouvé une amélioration des longitudes de l'ordre de $0^s,017$ qui correspond exactement à la variation moyenne des longitudes W-Eu de 1920 à 1931 due au déplacement des continents. Ces résultats semblent confirmer que la



période des déplacements continentaux ne doit pas s'écarter beaucoup de la période des taches solaires.

Deux causes, que nous avons déjà indiquées, pourraient expliquer ces variations périodiques des longitudes :

1° Des pulsations de la Terre, considérée comme un corps élastique;

2° Des contractions et des dilatations de la couche superficielle de la Terre, phénomènes qui auraient eux-mêmes leur source dans les frottements provoqués par le mouvement de cette couche autour d'un noyau central.

Remarques au sujet de la Note précédente, par M. **Ernest Esclangon**.

Les résultats indiqués dans la Note de M. Stoyko, d'une importance évidente, montrent que la véritable voie pour déceler les déplacements relatifs de l'écorce terrestre est la voie *astronomique*, car elle seule dispose de la précision nécessaire pour de telles vérifications.

Se basant sur des considérations *géologiques*, A. Wegener avait prévu un *éloignement* progressif du continent américain par rapport à l'Europe, à raison de *un* mètre par an.

Les nombreuses données accumulées depuis une dizaine d'années par le Service international de l'heure ayant son siège à l'Observatoire de Paris et dont la direction a été confiée à cet établissement, ont permis par l'étude des variations différentielles des longitudes, que permettent les comparaisons horaires, d'aborder le problème sous une forme positive et précise.

Il résulte du travail de M. Stoyko, que l'éloignement progressif et séculaire du continent américain serait insignifiant et pratiquement insensible; mais par contre, et c'est là un fait capital, se révèle un *déplacement périodique* dont l'amplitude au cours de la période, voisine de 11 ans, dépasserait 15 mètres. Dans l'intervalle de 1920 à 1925, les deux continents se sont *éloignés*; ils se sont *rapprochés* dans l'intervalle de 1925 à 1930. Des déplacements périodiques analogues ont été trouvés en ce qui concerne le Japon comparé au continent européen. Quant à la période obtenue de 11 ans, une confirmation s'impose évidemment, cela au moyen des données nouvelles qui pourront être réunies dans les années à venir.

Sa coïncidence avec la période undécennale de l'activité solaire est-elle fortuite ou doit-elle être considérée comme en liaison physique, soit avec elle, soit avec une cause étrangère commune? On ne saurait se prononcer avant de s'être assuré de la parfaite coïncidence des périodes en cause; ce qui exige leur comparaison sur un intervalle de temps s'étendant à plusieurs périodes au moins.

Une cause commune ne pourrait être cherchée, semble-t-il, que dans un effet combiné des attractions planétaires se traduisant par une période dérivée et secondaire, agissant à la fois sur la Terre et le Soleil. Une telle explication a été cherchée, en ce qui concerne les variations de l'activité solaire, mais, il faut l'avouer, jusqu'ici sans grand succès.

Le résultat obtenu par M. Stoyko repose sur des moyennes annuelles, ce qui élimine, à priori, les effets à courte période, mais il est clair que si

une des causes pouvant engendrer un déplacement relatif et apparent des continents devait tenir à une sorte d'effet de marées terrestres, il y aurait lieu de rechercher si les transmissions horaires ne sont pas susceptibles de déceler des déplacements partiels en rapport avec l'attraction luni-solaire.

Il n'en reste pas moins acquis que nous sommes, dans cette voie, au début d'une étude féconde et d'un haut intérêt, étude qu'aura permise l'institution d'un Service international de l'heure, par la centralisation des données et la possibilité qui en résulte de comparaisons accumulées, systématiques et prolongées.

Par cela même apparaît l'importance grandissante du Bureau international de l'heure. Indépendamment de l'heure scientifique et précise qu'il met à la disposition des astronomes et des géodésiens du monde entier, son existence ouvre la voie à des recherches entièrement nouvelles et d'un intérêt capital.

En raison de l'accroissement continu et en tous pays du nombre des stations astronomiques fixes, c'est à lui qu'il appartiendra notamment d'apporter la solution définitive du problème général des variations des longitudes, problème exigeant des masses de documents et de comparaisons horaires échelonnés dans le temps, centralisés et accumulés à loisir.

Pour citer un autre exemple, c'est ainsi également qu'ont pu être étudiées avec précision les vitesses de propagation des ondes de télégraphie sans fil et les divers problèmes qui s'y rattachent. M. Stoyko a mis en évidence sur ce point un phénomène assez singulier, à savoir que le temps mis par certaines ondes pour aller de Paris à Tokio diffère de celui pour venir de Tokio à Paris, comme si, le principe du retour inverse des rayons n'étant pas respecté, le chemin d'aller différait très notablement de celui du retour.

D'autres problèmes, déjà sommairement envisagés et étudiés, tels que celui de la dissymétrie de l'espace, pourront être à leur tour traités efficacement par l'étude des transmissions horaires, lorsque celles-ci, par leur accumulation et par les progrès constants des observations astronomiques horaires elles-mêmes, auront permis de faire la part nette des variations systématiques dues à d'autres causes.

Ainsi se révèle une importance nouvelle du Bureau international de l'heure qui apparaît comme un fécond et puissant moyen d'investigation scientifique dans des domaines très divers jusqu'ici inexplorés.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'action à distance des métaux sur les microbes.* Note de MM. **G. A. Nadson** et **C. A. Stern**, présentée par M. Molliard.

Dans notre Note précédente (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1597) nous avons décrit l'action à distance des métaux Al, Cu, Pb sur le développement des bactéries et des levures. Nous communiquons maintenant les résultats de nos expériences ultérieures exécutées dans les mêmes conditions et ayant pour objet l'influence exercée par d'autres métaux, soit par Mg, Ni, Ag, Au, Pt. La méthode restait la même : les métaux agissaient pendant 4 jours à une distance de 1^{mm} sur le *Bacterium prodigiosum* ensemencé dans des boîtes de Petri garnies de gélose. La quantité et la qualité des colonies développées servaient à indiquer l'action. Le nombre des colonies développées en dehors de l'action du métal étant représenté par 100 prend les valeurs suivantes pour une moyenne de 5 à 10 expériences, témoignant ainsi de l'action dépressive de ces métaux. Nous obtenons la rangée suivante qui comprend également les données des expériences antérieures :

	Témoin.	Mg.	Al.	Ni.	Cu.	Pt.	Pb.
Nombre de colonies..........	100	96,3	89,3	80,2	69,1	61,6	44,2
Numéros atomiques..........	–	12	13	28	29	78	82

Nous voyons ici que l'action des métaux est d'autant plus forte (c'est-à-dire le nombre des colonies développées est d'autant plus petit) que le numéro atomique du métal est plus élevé.

N'ayant pas à notre disposition, pour le moment, de plaques d'argent et d'or pur, nous avons fait nos expériences avec des monnaies en argent et en or; néanmoins les chiffres obtenus (moyenne de cinq essais) se rapprochent de près de ceux auxquels on pouvait s'attendre *a priori* : pour Ag, 67,1 pour 100; pour Au, 62,7 pour 100. Nous ne doutons pas que l'application de l'argent et de l'or purs ne fournisse des chiffres qui correspondent encore plus aux numéros atomiques de ces éléments, respectivement à la place que ceux-ci occupent dans la rangée ci-dessus. Nous passâmes ensuite à l'essai de l'action des sels de métaux, notamment de $CuSO^4 + 5H^2O$, PbO et Pb^3O^4. La méthode, au fond, était la même, mais au lieu de plaques de métal nous avons laissé pendant 4 jours à une distance de 3^{mm} de la culture de *B. prodigiosum* des boîtes en verre de 5^{cm},5 de diamètre et 1^{cm} de profondeur remplies jusqu'aux bords de l'un

des sels sus-indiqués. Voici les chiffres obtenus (nombre de colonies développées; moyenne de trois essais) :

Témoin.	$CuSO^4$.	PbO.	Pb^3O^4.
100	86,5	65,8	77,5

Il est certain qu'il y a bien une influence, mais les chiffres de la survivance sont plus élevés que ceux qu'on avait obtenus avec des métaux purs, ce qui dépend avant tout de ce que les sels étaient plus éloignés (3^{mm}) de la culture que les métaux (1^{mm}). Nous rappellerons que dans nos expériences antérieures nous avions constaté que l'action des métaux diminuait rapidement à mesure qu'on éloignait ceux-ci de la culture. Quant aux autres microorganismes, les métaux agissent sur eux d'une manière semblable. Voici des données relatives à la bactérie lumineuse de la mer Noire, *B. ponticum* et aux levures (*S. cerevisiæ*) :

	Témoin.	Al.	Cu.	Pb.
B. ponticum	100	87,5	60,3	43,2
S. cerevisiæ	-	92,3	76,3	58,6

Nous voyons que les levures sont un peu moins sensibles que les bactéries.

Les métaux agissent à distance non seulement sur la quantité, mais aussi sur la qualité des colonies développées. Sous l'influence de Au, Pt, Pb, les colonies de *B. prodigiosum* étaient non seulement plus petites, mais encore souvent incolores; l'influence des métaux provoquait de cette façon la dissociation de la culture de *B. prodigiosum* en formes chromogènes et achromogènes.

Une feuille de papier blanc mince, mais compact, placée entre le métal et la culture à une distance de 1^{mm} de chacun d'eux diminue excessivement l'action des métaux ou bien l'annule totalement. Voici un exemple : *B. prodigiosum* et plomb :

	Témoin.	Al.	Cu.	Pb.
Métaux sans filtre en papier......	100	92,7	88,3	64,1
Métaux avec filtre en papier......	-	100	100,5	97,6

L'influence des métaux est affaiblie également par de minces plaques en verre en quartz.

Quel est le mécanisme de cette action des métaux à distance? L'idée d'une action chimique au moyen de la formation par les métaux d'ozone ou de peroxyde d'hydrogène n'est pas confirmée par nos expériences réitérées. Les réactifs les plus sensibles pour l'ozone et le peroxyde

d'hydrogène (réactif de Schœnbein, Ursol D et autres; papiers réactifs humides à une distance de 1^{mm} du métal pendant 4 jours) ont donné un résultat absolument négatif. Cette action des métaux à distance offre une grande ressemblance avec celle des rayons X secondaires par les radiateurs métalliques (voir nos articles dans les *C. R. Acad. d. Sc. de l'U. R. S. S.*, 1931, A, n° 3). Nous penchons donc vers l'explication ci-après en l'admettant en qualité d'hypothèse utile : sous l'influence de la radioactivité du milieu ambiant (air, etc.) il se produit un rayonnement secondaire issu de la surface des métaux et possédant, de même que le rayonnement secondaire des rayons X, un pouvoir germicide considérable. Pendant l'action des métaux à distance, de même que pendant celle des rayons X secondaires, le rôle principal — et dans nos essais probablement le rôle exclusif — appartient à l'action d'électrons secondaires; les métaux bombardent d'électrons les cultures de microbes.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Composition et évolution des réserves chez* Cyclamen latifolium. Note de M. **J.-M. Lys**, présentée par M. Molliard.

La composition des réserves hydrocarbonées peut varier dans un même genre de plantes, elle n'est pas identique dans toutes les parties; enfin, elle dépend des divers stades de la végétation.

Pour le genre *Cyclamen*, divers auteurs [1] ont obtenu à ce sujet des résultats assez peu concordants relatifs au *Cyclamen europæum* L. et nettement différents de ceux de nos expériences personnelles. Nous avons pu, d'autre part, recueillir sur la côte libanaise une autre espèce : *Cyclamen latifolium* de Sbithorp [2], caractérisée par un tubercule très gros, des pédoncules non enroulés et une période de floraison qui va de février en mai. Cette espèce recherche de préférence les sols calcaires : la dessiccation des tubercules fournit en moyenne 81 pour 100 d'eau. Le résidu, calciné, donne 0,60 pour 100 de cendres, où l'on décèle des carbonates et des phosphates de métaux qui sont, par ordre d'importance décroissante : le calcium, le potassium, le magnésium, l'aluminium et le fer. Ce dernier est en quantité minime.

Nous avons trouvé dans le *Cyc. latifolium* un contenu glucidique qui

(1) S. de Luca, *Comptes rendus*, 47, 1858, p. 295; 87, 1878, p. 297.
(2) Boissier, *Flora orientalis*, 4, p. 12.

diffère de celui observé par les auteurs dans *Cyc. europæum;* on y rencontre, en effet, glucose, fructose, *saccharose*, une lévulosane spécifique, un glucide saponique et enfin une quantité abondante d'amidon localisé exclusivement dans les tubercules.

L'évolution de ces produits nous paraît intéressante à détailler :

1° Dans les *tubercules*, les réserves possèdent un pouvoir rotatoire positif, qui devient négatif par hydrolyse; par exemple, il passe de +18° à — 56°; et il en est de même pendant toute la végétation. Mais on constate que la teneur en matières hydrocarbonées s'accroît pendant la floraison pour décroître ensuite; ainsi pour 100g de matière fraîche, on a trouvé les résultats suivants, à des périodes différentes :

	Début de la floraison, 27 février.	Pendant la floraison, 11 avril.	Après la floraison, 29 mai.	Après la végétation, 25 juin.
Réducteur préformé	0,06	0,12	0,30	0,18
Saccharose	0,62	2,50	1,97	1,29
Lévulosane	0,67	1,82	2,83	1,65
Réducteur total	1,35	4,44	5,10	3,12

Soulignons la présence du saccharose, que nul auteur à notre connaissance n'a signalée.

Il semble qu'il faut distinguer deux périodes dans la vie du tubercule : il y a d'abord formation de réducteur qui peut servir au développement de la plante, et ensuite il y a accumulation des sucres simples en matières de réserves plus complexes.

2° Dans les *feuilles*, le pouvoir rotatoire initial est plus élevé que dans les tubercules; de + 28° avant l'hydrolyse, il passe seulement à — 10° après l'hydrolyse acide.

De même le réducteur initial est plus abondant : 0g,40 pour 0g,60 de réducteur total.

Nous avons ici surtout du glucose, tandis que dans les tubercules dominait le principe lévogyre. Sur 100g de produit frais nous avons dosé 0g,25 de glucose, 0g,16 de saccharose, 0g,14 de fructose. Résultat bien conforme à ce qu'on sait de l'activité physiologique des feuilles.

3° Les *pédoncules*, à l'inverse des autres organes analysés, ont toujours donné un pouvoir rotatoire négatif; ainsi de — 18° avant l'hydrolyse, il passe à —36° après inversion. En outre, la différence est faible entre le réducteur initial, 1g,20, et le réducteur total, 1g,74. Dans ces organes, concontrairement à ce qui s'observe dans les feuilles, c'est le fructose qui pré-

domine : il sert évidemment à la formation du tissu des pédoncules qui sont très grands et se développent rapidement.

Notons enfin que la lévulosane, qui se trouve abondante dans les tubercules, se retrouve aussi dans les fleurs, mais ne se rencontre pas dans les feuilles.

La recherche de ces glucides nous a obligé à modifier quelque peu les méthodes habituelles d'extraction.

EMBRYOGÉNIE. — *Le développement du* Palæmonetes mesopotamicus *Pesta, comparé à celui des autres* Palæmonetes *circaméditerranéens*. Note de M. E. **Sollaud**.

En l'état actuel de nos connaissances, les crevettes du genre *Palæmonetes* Heller sont représentées dans les régions circaméditerranéennes par quatre formes, aisément reconnaissables, et considérées d'ordinaire comme des *variétés* d'une même espèce, *P. varians* (Leach); j'estime qu'il y a avantage à en faire quatre *espèces* différentes, qui constituent d'ailleurs à l'intérieur du genre un petit groupe naturel, ou *clan*, bien défini; ce sont : 1° *Palæmonetes varians* (Leach), qui est sans conteste la forme la plus voisine de la souche commune, si elle ne lui est identique; son domaine s'étend suivant une bande étroite le long des côtes occidentales de l'Europe et du Maroc, et se prolonge en Méditerranée le long des côtes de la Berbérie, jusqu'à la région de Sousse; 2° *P. mesogenitor* Soll. [1], qui occupe la zone déprimée des grands chotts sud-constantiniens et sud-tunisiens, depuis la région de Biskra jusqu'au littoral de la petite Syrte; 3° *P. antennarius* (H. Milne-Edw.), signalé en Italie, dans la péninsule des Balkans, et dans certaines îles du bassin oriental de la Méditerranée; 4° *P. mesopotamicus* Pesta, dont l'aire s'étend sur la Syrie et la Mésopotamie.

On sait que les œufs pondus par ces crustacés peuvent être répartis en trois catégories correspondant à des dimensions différentes (modes *micro-*, *meso-* et *macrogenitor*). Contrairement à une opinion courante, ces différences ne sont pas dues à des causes actuelles, et il semble qu'une espèce donnée ponde toujours des œufs du même type; on ne peut donc pas parler

---

(1) La forme que j'ai nommée antérieurement *P. punicus* est une sous-espèce géographique propre au sud de la Tunisie et doit s'appeler *P. mesogenitor punicus* Soll.

de polymorphisme pœcilogonique au sens strict de ce terme. Il n'en reste pas moins qu'il existe un *parallélisme* remarquable entre les *dimensions des œufs* et le *degré moyen de salinité* des eaux où vivent ces crustacés : *P. varians*, qui habite des eaux saumâtres à salinité généralement inférieure à celle de la mer, donne des œufs relativement petits ($0^{mm},75$ à $0^{mm},80$ suivant le grand axe : mode *microgenitor*), mais de taille déjà nettement supérieure à celle des œufs que donnent les Palémonides littoraux franchement marins ($0^{mm},55$ à $0^{mm},65$); le développement a d'ailleurs subi une condensation appréciable dans cette espèce, qui éclôt non plus sous l'aspect d'une *zoea* typique, mais d'une *epizoea*. *P. mesogenitor*, dont les œufs sont un peu plus gros ($1^{mm},1$ à $1^{mm},2$) vit dans des eaux continentales, mais qui renferment presque toujours une notable quantité de sels, surtout de sels de magnésium, les rendant peu ou même pas du tout potables. Enfin le mode *macrogenitor* ($1^{mm},3$ à $1^{mm},4$) caractérise *P. antennarius* et *P. mesopotamicus*, qui vivent normalement dans des eaux franchement douces (l'ontogénie est naturellement bien plus condensée dans ces trois dernières espèces).

La constatation de ce parallélisme, qu'il est difficile de considérer comme purement fortuit, est peu en faveur de la théorie de la *préadaptation*, qui voit dans l'accroissement de la masse des réserves vitellines de l'œuf le résultat d'une mutation germinale apparue par hasard chez un ancêtre littoral marin, à qui elle aurait permis de venir peupler les eaux continentales ([1]); il semble plus naturel d'y voir le résultat d'une variation survenue dans le métabolisme général, du fait même de la pénétration dans les eaux continentales, et devenue peu à peu héréditaire.

Grâce à l'obligeance de M. Vl. Besnard, qui a bien voulu recueillir des matériaux sur mes indications, j'ai pu examiner des embryons de *P. mesopotamicus* tout près d'éclore, et me convaincre que la première forme libre est notablement différente de celle du *P. antennarius*, bien que les œufs soient du même type. L'éclosion libère dans les deux cas une larve *subparva ;* mais tandis que celle du *P. antennarius* a conservé des *exopodites* sur les *deux premières paires de pattes*, dans celle du *P. mesopotamicus les cinq paires de pattes ont perdu toutes traces d'exopodites*, comme c'est aussi le cas dans la *subparva* du *P. mesogenitor*. Par contre *P. mesopotamicus* s'éloigne de *P. mesogenitor* par le fait que les pièces buccales sont à l'éclosion beau-

---

([1]) Le prétendu avantage conféré aux animaux d'eau douce par le fait d'avoir un développement plus condensé est très problématique.

coup moins différenciées, les endites des deux paires de maxilles en particulier n'étant encore que faiblement indiqués et dépourvus de soies, comme chez *P. antennarius*. Enfin la première larve du *P. mesopotamicus* offre des caractères qui lui sont propres et l'éloignent de toutes les autres espèces du groupe. Je citerai un seul exemple, qui a trait à la rangée de grosses soies plumeuses du bord postérieur du telson : leur nombre paraît être constant dans les larves *zoea* ou *epizoea* des Palémonides à petits œufs, qui en possèdent régulièrement 14; malgré les troubles apportés dans la morphogénèse du fait de la condensation du développement, ce nombre fondamental se retrouve dans la larve *subparva* chez *P. mesogenitor* et *P. antennarius;* dans celle du *P. mesopotamicus*, au contraire, ces soies sont plus nombreuses, comme c'est aussi le cas dans les larves de certaines espèces d'eau douce du genre *Palæmon;* j'en compte 22 chez les larves des individus recueillis en Syrie dans le bassin de l'Oronte, 27 ou 28 chez les larves d'individus recueillis dans le bassin de l'Euphrate.

Il y a donc, dans le groupe du *P. varians*, *autant de modes particuliers de développement que d'espèces actuellement reconnues*. Les différences qui s'observent entre la larve *subparva* du *P. antennarius* et celle du *P. mesopotamicus*, malgré l'aspect identique des œufs produits par ces deux espèces (mode *macrogenitor*), peuvent s'expliquer en partie par des différences dans le temps écoulé depuis le moment de la pénétration en eau douce, en partie par le fait que des conditions de milieu comparables ont agi sur des organismes déjà quelque peu différents par leur constitution génotypique.

PHYSIOLOGIE. — *La répartition des représentants urinaires du métabolisme azoté chez les diverses espèces mammifères lors du minimum de dépense endogène spécifique*. Note (¹) de M. **Émile Terroine**, Mlles **Marguerite Champagne** et **Gilberte Mourot**, présentée par M. d'Arsonval.

L'étude comparée de la composition de l'urine chez les diverses espèces a mis en évidence certains caractères différentiels propres à des catégories d'êtres bien définies. Mais elle reste insuffisante, parce que, dans la plupart des cas, on ne peut distinguer les faits contingents dus aux différences de régime alimentaire, des faits nécessaires définissant l'organisme considéré. Pour atteindre ces derniers et ceux-là seulement, il nous a paru qu'un

---

(¹) Séance du 13 juin 1932.

unique procédé devait être mis en œuvre dans tous les cas : amener à l'aide d'une alimentation de tous points identiques, tous les sujets étudiés au niveau minimum de leur dépense azotée endogène spécifique.

C'est ce à quoi nous avons procédé sur des représentants adultes d'espèces très différentes, rat, lapin, chien, porc, et pendant des périodes suffisamment prolongées. Une telle étude ayant été antérieurement poursuivie chez l'homme (Zeller; Graham et Poulton; Robison; Smith; Deuel, Sandiford et Boothby) nous avons joint aux nôtres les résultats qu'elle a fournis. Ces résultats sont réunis dans les deux tableaux ci-dessous.

Tableau I. — *La répartition de l'azote urinaire dans la dépense azotée minima.* (Valeurs exprimées en pour 100 de N total.)

Espèce animale.	pH.	N de l'urée.	N de NH^3.	N aminé.	N urée + N de NH^3 + N aminé.	N allantoïne (ac. uriq. chez l'homme).	N créatinine.	N créatine.	N indéterminé.
Rat........	8,2-8,6	37,8	4,5	21,9	64,2	13,4	10,2	0,4	11,1
Lapin......	8,5-8,8	76,5	0,1	2,1	78,7	6,3	4,6	0,4	5,3
Chien......	7,5	52,5	3,6	9,8	65,9	11,9	8,4	0	15,2
Porc.......	8,2-8,4	44,4	4,4	8,3	57,1	9,8	27,7	0,6	4,5
Homme....	–	44,5	11,8	4,7	61,0	4,7	26,0	–	–

Tableau II.

La répartition des éléments de la somme (N urée + N de NH^3 + N aminé).

Espèce animale.	En °/₀ de la somme (N urée + N de NH^3 + N aminé). N de l'urée.	N de NH^3.	N de l'urée. + N de NH^3.	N aminé.
Rat....................	59,3	6,6	65,9	33,9
Lapin..................	97,3	0,4	97,7	2,1
Chien..................	80,0	5,6	85,6	14,4
Porc...................	76,9	7,7	84,6	15,3
Homme................	72,9	19,2	92,1	7,7

Nous nous croyons en droit de formuler les principales conclusions suivantes :

1° La répartition des représentants urinaires du métabolisme azoté, lors du minimum de dépense endogène spécifique, n'est pas la même chez toutes les espèces animales. L'excrétion de l'allantoïne, sans rester proportionnelle à celle de la somme « N urée + N de NH^3 + N aminé », marche toutefois de pair avec cette dernière. Les variations de la créatinine sont entièrement indépendantes de celles des autres constituants azotés.

2° Le métabolisme protéique, approximativement représenté par la somme « N urée + N de NH^3 + N aminé », figure pour 60 pour 100 environ dans le métabolisme endogène total du rat, du chien, du porc et de l'homme.

3° Le *coefficient d'oxydation protidique*

$$\frac{\text{N urée}}{\text{N urée} + \text{N de NH}^3 + \text{N aminé}} \quad \text{ou} \quad \frac{\text{N urée} + \text{N de NH}^3}{\text{N urée} + \text{N de NH}^3 + \text{N aminé}}$$

varie considérablement avec les espèces animales : 97 pour 100 chez le lapin, 80 pour 100 chez le chien et le porc, 60 pour 100 chez le rat. Ces variations tiennent essentiellement aux proportions plus ou moins élevées d'azote aminé présentes dans l'urine.

4° Les représentants des diverses espèces de mammifères, même soumis à un régime identique, rejettent des quantités très différentes d'ammoniaque. Les différences ne s'expliquent en aucune manière par des variations correspondantes de pH.

5° Le rapport N allantoïne/N total de l'urine est toujours beaucoup plus élevé que le rapport N purique/N total de l'organisme producteur : chez le rat, le premier est de 13 pour 100 et le second de 2 pour 100. L'organisme maintenant constant son rapport N purique/N total (Truszkowski) une part importante de l'allantoïne excrétée provient donc d'une synthèse. L'azote de la créatinine n'est pas lié à l'azote total par une constance de rapport. Le taux d'excrétion de la créatinine n'est donc pas un indice valable de la grandeur du métabolisme azoté endogène total.

6° Le rapport urinaire N créatinine/N total est beaucoup plus élevé que le rapport N créatine/N total de l'organisme. Chez le rat, le premier est de 10 pour 100 alors que le second est de 2 pour 100. L'organisme maintenant constant ce dernier rapport après une longue inanition azotée (Chanutin), une part importante de la créatinine excrétée doit tirer son origine de substances autres que la créatine du muscle.

PHYSIOLOGIE. — *Conclusions sur le métabolisme hydrothermique*. Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

Mettons en lumière les résultats acquis au cours de nos recherches sur le métabolisme hydrothermique [1].

---

(1) Jules Amar, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 484, 1382 et 1758.

1° *Coefficient hydrothermique* H. — En luttant pour maintenir constante sa température interne, l'homéotherme dépense *les deux tiers de la chaleur inutile* à vaporiser de l'eau ([1]). Il y a là la part S de la sudation, et la part P de la transpiration pulmonaire, cette dernière étant *le neuvième* environ de la chaleur totale. On a

Au repos........ $H = S + P = 2/3(Q - R)$, avec $P = 1/9Q$.
Au travail...... $H' = S' + P' = 2/3(Q' - R - \mathfrak{T})$, avec $P' = 1/9Q'$.

En vertu de la loi des surfaces $(Q - R)$ ou $(Q' - R)$ ne change pas entre certaines limites de température. De telle sorte que le froid augmente P aux dépens de S, et inversement la chaleur. On voit aussi que le travail $\mathfrak{T}$ accroît sudation et transpiration pulmonaire à la fois, deux mécanismes dissipateurs. Les formules permettent de calculer le poids de sueur perdue dans un bain de vapeur à température élevée, cas où le terme R change de signe.

2° *Coefficient urothermique* U. — La sécrétion rénale, disions-nous, est une *sudation interne*, gouvernée comme les précédentes par le métabolisme énergétique. Mais tandis que là, seule agit la « chaleur inutile » affluant vers la peau, ici on ne règle pas la température du corps; on élimine les déchets de tout le métabolisme (*urée* notamment); d'où l'action totale de l'énergie développée sur les glomérules rénaux, véritables alambics distillant l'eau prise aux capillaires. Aussi l'intensité de la respiration et de l'hématose dans ces éléments cellulaire est-elle considérable.

Le poids des urines en un temps donné représente le *tiers* de l'énergie entière du métabolisme, sauf à en déduire le travail s'il y en a. Le *coefficient urothermique* sera donc

Au repos.................. $U = 1/3Q$;
Au travail............... $U' = 1/3(Q' - \mathfrak{T})$.

La chaleur ainsi dépensée se récupère puisqu'il s'agit d'une opération interne; et les formules montrent que la masse des urines augmente par le froid, par le travail des muscles, et qu'elle est relativement plus grande chez les enfants.

3° *Réflexions et conclusions.* — L'urothermie suggère certaines réflexions et fournit d'intéressantes conclusions.

([1]) Nous avions donné ce nom de *chaleur inutile* à celle qui n'est employée ni au rayonnement R, ni au travail musculaire $\mathfrak{T}$.

Considérons un organisme en équilibre physiologique, alimenté de façon invariable et *sans substances diurétiques*. Le volume V de ses urines en 24 heures donnera la valeur énergétique de son métabolisme, soit « basal », soit celui du régime habituel. Mais cette énergie est celle du volume v d'eau contenue dans les urines. Nous le calculons comme suit :

Soient P le poids total des urines et v' le volume de leur partie solide avec sa densité moyenne (¹) qui est 1,70. Nous écrirons : $P = v + 1,70v'$, et $V = v + v'$. D'où l'on déduit : $5V - 3P = 2v$, *relation à retenir*. Il y en a une seconde, non moins pratique. La densité moyenne des urines étant 1,025, il s'ensuit que

$$5V - 3V \times 1,025 = 2v.$$

D'où

$$v = 0,962\,V.$$

Il est aisé de mesurer P et V ; les deux formules ci-dessus sont également utiles, surtout en clinique.

Comme 1^{cm^3} d'eau emploie une chaleur totale de vaporisation d'environ $0^{cal},595$, nous écrirons

$$Q \text{ calories} = v \times 0,595 = V \times 0,962 \times 0,595 \times 3.$$

soit une chaleur métabolisée

$$Q = V \times 1,72.$$

Ce procédé expérimental est correct et simple ; il est superflu d'en souligner l'importance en hygiène du travail et des sports. En clinique, il dispense des laborieuses déterminations calorimétriques. Il démontre, par exemple, que le taux des urines est insuffisant dans le cas de *jeûne prolongé*, par insuffisance d'eau ; le métabolisme s'écarte de la normale à cause de cela uniquement. Portant la quantité d'eau à 20^g par kilogramme, on revient à la règle ci-dessus.

Le criterium urothermique mérite d'avoir de nombreuses applications en physiologie et en pathologie.

(¹) Il y a, en effet, 1 partie de sels lourds ($d = 2,66$), 2 de chlorure de sodium ($d = 2,17$) et 5 d'urée ($d = 1,33$), d'où la valeur moyenne :

$$d_m = \frac{2,66 + (2 \times 2,17) + (5 \times 1,33)}{8} = 1,70.$$

ÉLECTROPHYSIOLOGIE. — *Action des centres sur les diverses caractéristiques de la fibre nerveuse. Analogie avec l'électrotonus.* Note [1] de MM. **A.-M. Monnier** et **H.-H. Jasper**, présentée par M. L. Lapicque.

Marcelle Lapicque [2] a montré que les centres sont capables d'agir sur la chronaxie de certaines fibres motrices correspondantes. La chronaxie ainsi modifiée par les centres a reçu le nom de chronaxie de *subordination* (L. Lapicque). Nous avons entrepris de rechercher si les centres n'altèrent pas, en même temps que la chronaxie, les autres caractéristiques du nerf.

Afin d'avoir des résultats nets, la chronaxie de subordination se manifestant électivement sur certains groupes de muscles, nos expériences ont porté sur un rameau innervant un muscle qui présente un phénomène marqué de subordination (nerf du gastro-cnémien de la grenouille). Afin d'atténuer le choc opératoire consécutif à la dissection, lequel a généralement pour effet d'abolir l'activité des centres, nous avons préalablement anesthésié les animaux au chloroforme, et, pour éviter l'hémorragie préjudiciable à l'activité des centres, ligaturé l'artère iliaque. Nous attendions ensuite que l'anesthésie fût dissipée.

1° *Relation entre la vitesse de propagation, l'amplitude, la durée du potentiel d'action et la chronaxie de subordination.* — Ces expériences ont été exécutées à l'aide d'un oscillographe cathodique de Gasser et d'Erlanger. Chaque fois que nous avons observé une chronaxie de subordination typique, c'est-à-dire une chronaxie qui s'élevait dès que l'action des centres était supprimée (section des nerfs lombaires), nous avons pu mettre en évidence les faits suivants, parallèlement à la diminution de la chronaxie due aux centres :

a. Ralentissement de la vitesse de propagation du potentiel d'action (22 pour 100 en moyenne sur 11 expériences, parallèlement à une chronaxie augmentée de 33 pour 100 [3];

b. Changement négligeable de l'amplitude et de la durée du potentiel d'action élémentaire dû à une seule fibre nerveuse, ce que nous avons pu observer en utilisant des stimuli juste liminaires.

---

(1) Séance du 13 juin 1932.

(2) *C. R. de la Soc. de Biol.*, 88, 1923, p. 46.

(3) *C. R. de la Soc. de Biol.*, 110, 1932, p. 286.

2° *Relation entre le potentiel de démarcation et la chronaxie de subordination.* — Nous avons régulièrement observé que le potentiel de démarcation du nerf (mesuré par la méthode d'opposition) était accru quand la chronaxie était réduite par l'action des centres. Cette manière d'opérer permet, en quelque sorte, d'apprécier de façon continue l'activité des centres. Par exemple, ce potentiel s'élève au fur et à mesure que l'anesthésie de la grenouille se dissipe, oscille alors autour d'un niveau élevé pour tomber immédiatement à un niveau plus bas et stable, sitôt après suppression de la liaison avec les centres (moyenne de 9 expériences : après section, chronaxie augmentée de 24 pour 100, potentiel de démarcation diminué de 29 pour 100). Ce phénomène ne peut être attribué à la cessation d'une activité fonctionnelle commandée par les centres, laquelle activité devrait au contraire se traduire par une diminution du potentiel de repos (variation négative de Du Bois Reymond).

3° *Étude des variations de la rhéobase sous l'influence de la subordination.* — La subordination provoque des variations sensiblement inverses de la rhéobase et de la chronaxie. Autrement dit le produit rhéobase $\times$ chronaxie est en première approximation indépendant de la subordination (ce produit n'augmente que de 7 pour 100 après section des nerfs lombaires, moyenne calculée sur 20 expériences). En outre si, à l'instar de H. et E. Lassale [1] on considère l'excitabilité comme liée à l'énergie mesurée par le produit : carré de la rhéobase par la chronaxie, on observe dans ces dernières expériences que la rupture de la liaison avec les centres réduit l'énergie ci-dessus de 22 pour 100 en moyenne. La subordination a donc pour effet de diminuer l'excitabilité du nerf, caractérisée par l'inverse de l'énergie.

Ces divers résultats sont confirmés par les expériences où la chronaxie de subordination ne s'est pas manifestée. En effet, dans ces cas aucune des modifications indiquées ci-dessus ne s'est alors révélée de façon appréciable.

Nous avons été guidés, dans chaque phase de cette recherche, par une analogie étroite avec l'électrotonus. En effet les données modernes précises concernant l'électrotonus [Cardot et Laugier [2], Bishop, Erlanger et Gasser [3]] permettent d'établir entre l'action des centres et un anélectrotonus d'intensité convenable, un parallèle suggestif, à savoir, dans les deux cas, la rhéobase est accrue, la chronaxie diminuée (de sorte que le produit

(1) *Ann. de Phys. et de Physico-Chim. Biol.*, 14, 1928, p. 323.
(2) *C. R. de la Soc. de Biol.*, 76, 1914, p. 249.
(3) *Amer. Journ. of Physiol.*, 78, 1926, p. 630.

rhéobase × chronaxie reste constant); l'excitabilité est réduite; le potentiel de démarcation est augmenté; le potentiel d'action est ralenti; son amplitude et sa durée étant altérées de façon négligeable.

En résumé tout se passe comme si l'action des centres se traduisait essentiellement par un accroissement de la polarisation de la fibre nerveuse, car l'augmentation artificielle de cette polarisation (anélectrotonus) permet de reproduire expérimentalement, en grandeur et en signe, toutes les modifications des caractéristiques nerveuses produites par les centres. Ceux-ci, comme l'anélectrotonus, altèrent bien davantage les paramètres d'excitabilité du nerf, que la durée et l'amplitude du potentiel de ce dernier. Autrement dit les centres agissent surtout sur l'excitabilité de la fibre nerveuse et peu ou pas sur la durée et l'amplitude de l'influx nerveux. On peut donc en déduire que la disjonction fonctionnelle entre éléments normalement isochrones se produit vraisemblablement lors de l'arrivée de l'influx à l'entrée d'un élément nerveux soumis à la subordination et non à la sortie dudit élément.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les causes de l'atténuation et de l'exaltation du virus aphteux. Les récidives dans la fièvre aphteuse. Le choix des virus pour la vaccination antiaphteuse* (¹). Note de M. **J. Lignières**, présentée par M. E. Leclainche.

Dans la nature, le virus aphteux subit des variations lentes en général, mais certaines, de sorte que les qualités pathogènes et immunisantes des virus qu'on rencontre chez les malades ne sont pas identiques. Les caractères différentiels peuvent être peu accentués ou, au contraire, se présenter si nets qu'ils obligent à considérer des types complètement distincts, puisque quelques-uns ne vaccinent pas l'un contre l'autre. Ces virus très différenciés peuvent être pris comme des prototypes à côté desquels se rencontrent des variantes dues aux caractères immunisants ou pathogènes un peu différents.

Nous connaissons quelques causes d'exaltation ou d'atténuation du virus

(¹) J. Lignières, *La détermination des types de virus aphteux* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1691); *Sur la variabilité de la qualité pathogène et immunisante du virus aphteux* (*Ibid.*, 194, 1932, p. 1863); *Phénomènes paradoxaux de la propriété immunisante du virus aphteux* (*Ibid.*, 194, 1932, p. 2090).

aphteux. Celui-ci augmente sa virulence quand les conditions de contagion sont favorables : animaux très sensibles et nombreux permettant au virus des passages successifs sur des organismes particulièrement réceptifs.

L'atténuation de la virulence s'observe sur les virus qui restent longtemps sans pouvoir exercer leur action pathogène, bien qu'il y ait aussi des conditions naturelles de la longue conservation de cette virulence (virus désséchés). Le passage d'un virus d'une espèce animale sur une autre diminue son pouvoir pathogène; celui-ci est aussi affaibli par la résistance naturelle de certains sujets.

Le virus retiré d'un aphte, le deuxième ou le troisième jour, se montre moins actif que celui qui a été prélevé le jour de l'apparition de la lésion. Les virus très longtemps adaptés à certaines espèces, comme le cobaye, finissent par perdre leur virulence pour les bovidés. Nous avons montré que l'inoculation au cobaye de virus aphteux, extrêmement dilué, peut faire des lésions où ce virus se montre subitement très atténué et incapable de donner la moindre immunité (1).

Tous ces faits contribuent à éclairer le problème des récidives qu'on observe si souvent sur les troupeaux qu'une première atteinte aurait dû immuniser. La notion de la multiplicité des virus ne se vaccinant pas l'un par l'autre, qui avait tout d'abord paru donner la clef du mystère, est tout à fait insuffisante, puisque l'on constate souvent que les virus qui attaquent successivement les mêmes sujets, à intervalle de quelques mois, parfois de quelques semaines, sont du même type.

Les récidives s'expliquent mieux par le phénomène de la variation des virus, cette variation portant à la fois sur leur pouvoir pathogène et sur leur qualité immunisante. *Il est des virus dont la propriété vaccinante est nettement inférieure à celle d'autres virus, ainsi que le démontrent, avec la dernière évidence, les inoculations expérimentales.* Si l'on ajoute à cela des causes possibles de sensibilisation des sujets par tout ce qui peut affecter les réactions organiques normales : chaleurs excessives, froids humides, troubles intestinaux d'origine alimentaire, maladies préexistantes, on comprend davantage l'apparition de la fièvre aphteuse trois et quatre fois dans l'année sur les mêmes animaux.

Toutes ces constatations compliquent à ce point le problème de la vaccination contre la fièvre aphteuse, qu'on peut se demander si celle-ci est

(2) Dans ma précédente Note (*Comptes rendus*, 194, p. 2090), au lieu de : dilutions au 1/10000e et 1/100000e, il faut lire : dilutions du 1/100000e au 1/4000000e.

possible. Cependant il y a deux faits qui sauvent la vaccination chez les animaux normaux : le premier, c'est que tout virus aphteux vaccine plus ou moins fortement, mais toujours d'une façon pratiquement utile contre lui-même, ce qui permettrait de vacciner avec fruit dans la région d'où provient le virus.

Le deuxième fait a une importance beaucoup plus grande ; il annule les conséquences si sérieuses des variations chez les mêmes types de virus : c'est la constatation capitale, qu'il existe dans chaque type de virus ce que j'appelle des prototypes forts. Ces virus forts déterminent après guérison, dans les organismes qu'ils ont atteints, une immunité qu'aucun virus intermédiaire du même type ne peut surmonter ; tandis qu'ils sont capables d'affecter plus ou moins (lésions locales) l'immunité laissée par des virus intermédiaires, toujours d'un type identique, mais plus faibles.

Le meilleur vaccin contre la fièvre aphteuse, celui qui aura une action quasi universelle, est celui qui sera produit avec les prototypes forts du virus aphteux multivalent.

L'immunité consécutive à ces vaccinations sera plus sûre et plus durable que celle qui suit les infections spontanées, si souvent produites par des virus d'essence pathogène plus faible que celle des virus forts servant de vaccins.

Conclusions. — *Après avoir considéré quelques causes de l'exaltation et de l'atténuation du virus aphteux, nous voyons que les récidives de la fièvre aphteuse, dans un même troupeau, ne sont pas provoquées uniquement par l'attaque successive de virus de types différents ; ces récidives ont également pour cause les faibles qualités immunisantes de certains virus et aussi une possible sensibilisation des animaux.*

On doit choisir, pour préparer un vaccin antiaphteux multivalent, les prototypes forts du virus aphteux.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AVRIL 1932.

Solutions superficielles. Fluides à deux dimensions et stratifications monomoléculaires, par ANDRÉ MARCELIN. Paris, Les Presses universitaires de France, 1931; 1 vol.

Catalogues des plantes de Madagascar, publiés par l'Académie malgache :

— *Orchidaceæ*, d'après R. Schlechter, par H. PERRIER DE LA BÂTHIE. Octobre 1930;
— *Cyperaceæ*, par H. CHERMEZON. Février 1931;
— *Pteridophyta*, par CARL CHRISTENSEN. Juillet 1931;
— *Diascoreaceæ*, par H. PERRIER DE LA BÂTHIE. Octobre 1931;
— *Anonaceæ*, par L. DIELS. Octobre 1931;
— *Menispermaceæ*, par L. DIELS. Octobre 1931;
— *Scrofulariaceæ*, d'après G. Bonati, par H. PERRIER DE LA BÂTHIE. Octobre 1931;
— *Asclepiadaceæ*, par P. CHOUX. Octobre 1931;
— *Sapindaceæ*, par P. CHOUX. Octobre 1931;
— *Chlænaceæ*, par H. PERRIER DE LA BÂTHIE. Octobre 1931; Tananarive, G. Pitot; en dépôt à Paris, Société d'Éditions géographiques, maritimes et coloniales; 10 fasc. 25cm,2.

Mouvements vibratoires. Acoustique. Optique physique. Ondes électromagnétiques. Électro-optique. Effets optiques du mouvement. In *Cours de Physique générale*, t. III, par H. OLLIVIER. Paris, Hermann et Cie, 1932; 1 vol. 25cm,3.

La carte de l'Empire colonial français. In *Service géographique de l'Armée.* Paris, Georges Lang, 1931; 1 vol. 29cm,5.

La géologie et les mines de l'Indochine française, par F. BLONDEL. Extrait des *Annales de l'Académie des sciences coloniales*, t. V. Paris, Société d'Éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1932; 1 vol. 32cm.

La Meccanica di Leonardo da Vinci, par ROBERTO MARCOLONGO. Napoli, S. I. E. M. Stabilimento Industrie Editoriali Meridionali, 1932; 1 vol. 35cm,5. (Présenté par M. Élie Cartan.)

Comptes rendus du Congrès national des sciences. Bruxelles, 29 juin-2 juillet 1930; Bruxelles, Jean Rose, secrétaire général, 1930; 1 vol. 27cm,5.

Auguste Forel, par ALEX VON MURALT. Berne, Éditions Hans Huber, 1931; 1 vol. 22cm.

Le Maroc maritime français. Notice météorologique et océanographique, par J. ROUCH. In *Mémoires de la Société des sciences naturelles du Maroc*, n° XXVIII. Paris, Émile Larose, 1931; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. J.-B. Charcot.)

Contribution à la géométrie des systèmes articulés, par F.-E. MYARD. Extrait du

Bulletin de la Société mathématique de France, t. LIX, fasc. III-IV. Paris, Institut Henri Poincaré, 1932; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

Les principes de la Mécanique quantique, par P.-A.-M. DIRAC. Paris, Les Presses universitaires de France, 1931; 1 vol. 24cm,5.

Volume jubilaire en l'honneur du professeur Charles Porcher pour son soixantième anniversaire. Chambéry, Imprimeries réunies, 1932; 1 vol. 29cm. (Présenté par M. Leclainche.)

L'Armée d'Orient délivrée du Paludisme, par EDMOND et ETIENNE SERGENT. Paris, Masson et Cie, 1932; 1 vol. 22cm.

Histoire naturelle des Coléoptères de France, par G. PORTEVIN. Tome II : *Polyphaga* (*Lamellicornia*, *Palpicornia*, *Diversicornia*). In *Encyclopédie entomologique*, t. XIII. Paris, Paul Lechevalier et fils, 1931; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. L. Bouvier.)

Jac. Berzelius. Lettres publiées au nom de l'Académie royale de Suède, par H. G. SÖDERBAUM. XIII : *Correspondance entre Berzelius et Eilhard Mitscherlich* (1819-1847). Uppsala, Almqvist et Wiksells Boktryckeri, A. B., 1932; 1 vol. 23cm.

Cyrus Hall Mc Cormick, Seed-Time, 1809-1856, par WILLIAM T. HUTCHINSON. New-York, The Century Co, 1930; 1 vol. 23cm,5.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MAI 1932.

Centenaire de la Société royale des Arts et des Sciences de l'île Maurice, 1928-1929. Port-Louis, La typographie moderne, 1932; 1 vol. 24cm,5.

L'air moyen et la stratosphère, par RODOLPHE-SOREAU. Paris, Librairie polytechnique Ch. Béranger, 1931; 1 vol. 24cm.

La dynamique du sol, par ALBERT DEMOLON. Paris, Dunod, 1932; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. G. Bertrand.)

Manuel pratique de Dermatologie. Le diagnostic. La peau et ses réactions. Thérapeutique. Les Dermatoses, par A. DESAUX et A. BOUTELIER. Paris, Masson et Cie, 1932; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. A. Desgrez.)

Diptères chironomidæ : IV (*Orthocladiinæ*, *Corynoneurinæ*, *Clunioninæ*, *Diamesinæ*), par GŒTGHEBUER. In *Faune de France*, Tome 23. Paris, Paul Lechevalier, 1932 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. L. Bouvier.)

Roses d'Europe, par G.-A. Boulenger, Volume II. Bruxelles, Gœmaere, 1931-1932; 1 vol. 24cm,5.

La troisième République de 1870 à nos jours. Les grandes inventions françaises, par A. BOUTARIC. Paris, Les Éditions de France, 1932; 1 vol. 25cm,5.

Technique de la lutte contre les maladies de la dégénérescence (*Perfectionnements, importance pour l'agronomie coloniale*), par J. COSTANTIN. In *L'Agriculture pratique des Pays chauds*, 3e année, 1932, nos 22-23. Paris, Société d'Éditions géographiques, maritimes et coloniales; 2 fasc. 24cm.

(*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 25 avril 1932.)

Note de M. *Gabriel Bertrand* et $\mathrm{M^{me}}$ *M. Rosenblatt*, Sur la teneur inégale en manganèse des feuilles vertes et des feuilles étiolées :

Page 1407, les chiffres donnés dans le tableau sont exprimés en *milligrammes* pour 100 de matières.

(Séance du 2 mai 1932.)

Note de MM. *Étienne Canals*, *Marcel Godchot* et $\mathrm{M^{lle}}$ *Germaine Cauquil*, Sur le spectre Raman de quelques carbures cyclaniques :

Page 1577, ligne 12, *au lieu de* 10^{-3}, *lire* 10^{-5}.

(Séance du 17 mai 1932.)

Note de MM. *A. Sanfourche* et *A. Portevin*, Un mode particulier de corrosion des aciers austénitiques au chrome-nickel :

Page 1741, ligne 17, *au lieu de* solution à 35° Bé, *lire* solution à 53° Bé.

(Séance du 30 mai 1932.)

Note de M. *Vladimir Bernstein*, Sur une généralisation de la méthode de sommation exponentielle de M. Borel :

Page 1887, ligne 19, et page 1888, lignes 1 et 7, *au lieu de* $\overline{\lim}\log$, *lire* $\overline{\lim}\overset{+}{\log}$.

(Séance du 6 juin 1932).

Note de M. *Georges Urbain*, Essai de théorie coordinative de la constitution des composés organiques :

Page 1995, ligne 11, *au lieu de* nouveaux composés organiques, *lire* nombreux composés organiques.

(Séance du 13 juin 1932.)

Note de MM. *Gabriel Bertrand* et *L. Silberstein*, Sur la présence de sulfures minéraux dans une terre arable :

Page 2100, ligne 22, *au lieu de* Sans doute... de nickel ou de cobalt, *lire* Sans doute est-on en présence de protosulfure de fer, car le sulfure contenu dans la terre résiste à l'action de l'acide acétique qui, le fait est bien connu de tous les analystes, n'empêche pas la formation du sulfure ferreux par voie humide. Il faut aussi penser à d'autres sulfures : de manganèse, voire de zinc, de nickel ou de cobalt.

Même page, ligne 28, supprimer le mot *trois*; ligne 29, *au lieu de* le sulfure contenu dans la terre, *lire* le sulfure ou le mélange de sulfures de la terre.

Note de M. *Maurice Janet*, Détermination explicite de certains minima dans des problèmes sans conditions aux limites :

Page 2110, paragraphe 2, *ajouter :* La relation (2) a lieu quelle que soit la valeur de λ.

Note de M. *F. Labrousse*, La fonction fluorescigène chez les Bactéries phytopathogènes :

Page 2175, lignes 13 et suivantes, *lire* il ne saurait en être conclu, comme le fit cet auteur, que cette dernière espèce est effectivement phytopathogène. En effet, cette notion établie sur des expériences mal conduites....



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 JUIN 1932.

PRÉSIDÉE PAR M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret en date du 24 juin 1932, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Jean Tilho** pour occuper dans la Section de Géographie et Navigation la place vacante par le décès de M. le Général *Ferrié*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Jean Tilho** prend place parmi ses Confrères.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la densité optique et la viscosité des sérums thérapeutiques*. Note de MM. **Charles Achard**, **Augustin Boutaric** et Mlle **Madeleine Gautrot**.

Les mesures d'opacité ou plus exactement de densité optique et celles de viscosité d'une solution colloïdale permettent de suivre l'effet de divers facteurs sur son évolution. Pour une solution contenant un poids déterminé de substance colloïdale dont les granules sont incolores, la densité optique h varie proportionnellement au volume individuel v des granules colloïdaux. Lorsque, sous l'influence de certains agents physiques, la densité optique, et par suite l'opacité, vont en augmentant, on peut en conclure que l'évolution dont la solution a été le siège a entraîné un grossissement des granules.

D'une formule autrefois proposée par Einstein, et modifiée depuis par divers auteurs, on peut déduire que l'expression $\eta - \eta_0/\eta_0$, où η_0 représente

la viscosité du solvant et η celle de la solution colloïdale, est sensiblement proportionnelle au volume global V que possède l'ensemble des granules au sein de la solution. Si donc ce volume total augmente, notamment par hydratation des granules, ce qui est fréquent dans le cas des protéines, l'accroissement de la viscosité relative renseignera sur l'accroissement de volume des granules colloïdaux, et par suite sur la quantité d'eau fixée par hydratation.

La variation qu'éprouve le quotient $\omega = 1/h \times \eta - \eta_0/\eta_0$ de la viscosité relative d'une solution colloïdale par sa densité optique permet de suivre la variation du quotient V/v, c'est-à-dire du nombre N des granules présents dans la solution.

Pour une solution de protéines, notamment pour un sérum sanguin, il renseigne sur le nombre de granules fournis par un poids déterminé, par exemple un gramme, de protéines prises à l'état sec.

Nous avons appliqué la méthode précédente à l'étude d'un certain nombre de sérums thérapeutiques, mis à notre disposition par le D[r] Ramon, tels que sérum antidiphtérique, sérum antitétanique, sérum antivenimeux, sérum antistreptococcique, sérum antipneumococcique, sérum antidysentérique et sérum antigangréneux.

Pour ces divers sérums, nous avons déterminé à 26° les viscosités η du sérum non chauffé, du sérum chauffé une heure à 55°, et du sérum chauffé une heure à 62°; les mesures étaient faites dans un thermostat réglé exactement à 26° et au moyen d'un viscosimètre d'Ostwald. De la viscosité η_0 que possède l'eau à 26°, on déduisait la viscosité relative $\eta - \eta_0/\eta_0$ du sérum. Sur les mêmes échantillons de sérum, non chauffé et chauffé respectivement une heure à 55° et une heure à 62°, on effectuait des mesures de densité optique en lumière rouge au moyen du photomètre de Vernes, Brick et Yvon. Dans tous les tableaux résumant nos mesures, nous donnerons les valeurs de la viscosité relative $\eta - \eta_0/\eta_0$, de la densité optique h et du facteur $\omega = 1/h \times \eta - \eta_0/\eta_0$.

Avant de rapporter les mesures faites sur les sérums thérapeutiques, il nous a paru nécessaire d'indiquer les résultats fournis par un certain nombre d'échantillons de sérum de cheval normal :

	Nature du sérum.	h.	$\eta - \eta_0/\eta_0$.	ω.
I.	Non chauffé	0,08	0,49	6,1
	Chauffé une heure à 55°	0,09	0,53	5,9
	» 62°	0,10	0,67	6,7
II.	Non chauffé	0,08	0,60	7,6
	Chauffé une heure à 55°	0,08	0,62	7,7
	» 62°	0,13	0,90	6,9
III.	Non chauffé	0,10	0,70	7,6
	Chauffé une heure à 55°	0,10	0,80	8
	» 62°	0,25	2,10	8,4
IV.	Non chauffé	0,13	1,00	7,6
	Chauffé une heure à 55°	0,13	1,00	7,6
	» 62°	0,20	1,50	7,5

La moyenne des résultats précédents fournit pour un échantillon de sérum de cheval normal les résultats suivants :

Sérum.	h.	$\eta - \eta_0/\eta_0$.	ω.
Non chauffé	0,097	0,71	7,3
Chauffé une heure à 55°	0,10	0,73	7,3
» 62°	0,17	1,29	7,5

Les tableaux suivants donnent les résultats relatifs aux divers sérums thérapeutiques dont nous avons pu disposer. Chacun d'eux nous a été fourni sous deux états : 1° sans avoir subi aucun chauffage (état A); 2° après avoir été chauffé (état B) pendant 1 heure au bain-marie à la température de 55-56° :

	État A.			État B.		
	h.	$\eta - \eta_0/\eta_0$.	ω.	h.	$\eta - \eta_0/\eta_0$.	ω.
I. — *Sérum antidiphtérique.*						
Non chauffé	0,06	1,29	21,5	0,07	1,50	21,4
Chauffé une heure à 55°	0,06	1,30	21,6	0,07	1,54	22,0
» 62°	0,11	1,82	16,5	0,10	1,95	19,5
II. — *Sérum antitétanique.*						
Non chauffé	0,07	0,91	13,0	0,07	0,98	14
Chauffé une heure à 55°	0,07	0,94	13,4	0,07	0,98	14
» 62°	0,10	1,39	13,9	0,10	1,36	13,6
III. — *Sérum antistreptococcique.*						
Non chauffé	0,07	0,80	11,4	0,08	0,93	11,6
Chauffé une heure à 55°	0,08	0,93	11,6	0,08	0,94	11,7
» 62°	Coagulation			0,12	1,35	11,2

	État A.			État B.		
	h.	$\eta - \eta_0/\eta_0$.	ω.	h.	$\eta - \eta_0/\eta_0$.	ω.
IV. — *Sérum antipneumococcique.*						
Non chauffé	0,08	0,76	9,5	0,09	0,93	10,3
Chauffé une heure à 55°	0,08	0,81	10,1	0,10	1,02	10,2
» 62°	0,14	2,65	18,9	0,14	1,40	10,0
V. — *Sérum antidysentérique.*						
Non chauffé	0,07	1,14	16,2	0,07	1,15	16,4
Chauffé une heure à 55°	0,07	1,18	16,8	0,07	1,19	17,0
» 62°	0,10	2,48	24,8	0,08	1,47	18,3
VI. — *Sérum antivenimeux.*						
Non chauffé	0,07	0,95	15,8	0,07	1,19	17
Chauffé une heure à 55°	0,07	1,05	15,0	0,07	1,22	17,4
» 62°	0,09	1,10	12,2		Coagulation	
VII. — *Sérum antigangréneux.*						
Non chauffé	0,07	1,14	16,2	0,07	1,47	21,0
Chauffé une heure à 55°	0,08	1,22	15,2	0,07	1,35	19,2
» 62°	0,09	1,70	18,2	0,09	1,77	19,6

Conclusions. — 1° L'examen des résultats précédents montre tout d'abord que la viscosité relative à 26° des sérums thérapeutiques est généralement supérieure à celle du sérum de cheval normal.

2° La viscosité relative des sérums thérapeutiques est toujours plus grande sous l'état B (sérum chauffé après préparation) que sous l'état A (sérum non chauffé). Le chauffage réalisé au cours de la préparation se traduit donc par une légère hydratation des protéines.

3° Les viscosités relatives à 26° des divers sérums thérapeutiques varient notablement avec la nature de ces sérums, qu'on obtient d'ailleurs chez l'animal dans des conditions différentes. C'est ce que montre le tableau suivant :

Viscosités relatives à 26° des sérums thérapeutiques.

Nature des sérums.	État A.	État B.
Antipneumococcique	0,76	0,93
Antistreptococcique	0,80	0,93
Antitétanique	0,91	0,98
Antivenimeux	0,95	1,19
Antidysentérique	1,14	1,15
Antigangréneux	1,14	1,47
Antidiphtérique	1,29	1,50

4° Le chauffage pendant une heure de ces divers sérums à 55° ou à 62° a eu pour effet, comme pour un sérum normal, d'en augmenter la viscosité.

5° Il n'existe pas de grandes différences entre les densités optiques des divers sérums thérapeutiques et celles du sérum normal de cheval, celles des sérums thérapeutiques semblent légèrement plus faibles.

6° Le quotient ω est toujours notablement plus grand pour les sérums thérapeutiques que pour les sérums de cheval normal. Il n'éprouve généralement pas de grandes variations par chauffage pendant une heure à 55° ou à 62°.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur des progrès des tubes lumineux à gaz rares.* Note de M. **Georges Claude**.

Les résultats obtenus avec les tubes à gaz rares ont donné l'ambition de réaliser des sources lumineuses applicables à l'éclairage proprement dit.

Des résultats importants, déjà utilisés en pratique, mais non encore publiés, ont été obtenus avec la collaboration de mon jeune parent André N. Claude et des ingénieurs de la Société Claude-Lumière.

On s'est proposé, d'une part, d'obtenir une lumière voisine de celle du jour, d'autre part, d'atteindre des rendements égaux ou supérieurs à ceux des sources actuelles. Dans les conditions nouvelles où l'on a été ainsi amené, la question de durée des tubes, complètement résolue pour les applications à la décoration et à la publicité lumineuses par mes travaux sur la surface d'électrodes [1], s'est posée à nouveau et il a fallu la résoudre également.

En ce qui concerne l'obtention d'une lumière voisine de celle du jour, une première solution a été obtenue en améliorant la lumière livide de l'*hélium*, grâce à une remarque que j'ai faite autrefois [2] : alors qu'en général une trace d'impuretés (Az, H, etc.) suffit à masquer les aptitudes du *néon* à la luminescence, une petite proportion de néon, au contraire, peut modifier la lumière de l'hélium, en la dotant des radiations rouges dont elle est trop pauvre. On obtient ainsi dans certaines conditions une lumière d'un beau blanc, plus ou moins rosé.

Mais le rendement lumineux des tubes ainsi réalisés était fort mauvais, en raison de la forte pression, de l'ordre du centimètre, à laquelle il fallait les charger pour obtenir une durée acceptable, l'hélium étant, toutes choses égales, beaucoup plus absorbable que le néon. Or nous avons constaté que le rendement augmente beaucoup quand la pression diminue au-dessous de ces valeurs, la pression optimum étant d'autant plus faible que le tube est plus gros : c'est ainsi (*fig.* 1) que, pour un tube à hélium de 36^{mm}, l'optimum correspond aux pressions de quelques dixièmes de millimètre.

---

(1) Voir, entre autres, *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 1377.

(2) *Comptes rendus* 156, 1913, p. 1317.

Mais si ces faibles pressions sont favorables au rendement, elles intensifient la désintégration des électrodes. La question de *durée* se reposait donc, surtout avec l'hélium, comme il vient d'être dit : or M. André Claude, ayant étudié les causes et les effets de la désintégration, a pu, par des dispositifs appropriés, consistant en gros à empêcher le métal désintégré d'atteindre les parois du tube, en atténuer les effets très efficacement.

A surface égale d'électrodes, ces nouveaux tubes à hélium à faible pression (1^{mm} pour un diamètre de 15^{mm}), malgré des courants trois fois plus intenses, atteignent les milliers d'heures; ils sont couramment employés en pratique depuis la fin de 1930. En outre, les moyens ainsi appliqués, qui ont été étendus aux autres tubes luminescents, ont pratiquement supprimé les perturbations que les tubes luminescents mal faits provoquent dans les installations de T. S. F. Toutefois la consommation spécifique de ces tubes n'est guère inférieure à 1,2.w:b et la tension d'alimentation est élevée.

Partant des résultats ainsi acquis dans un cas difficile, une autre voie indiquée par

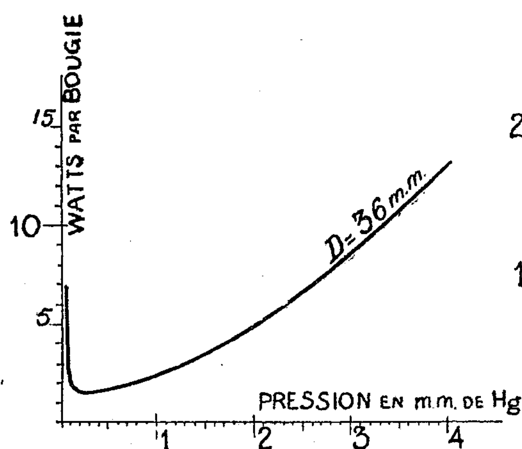


Fig. 1. — Consomm. spécif. tube à He 36^{mm} diam. en fonction de la pression.

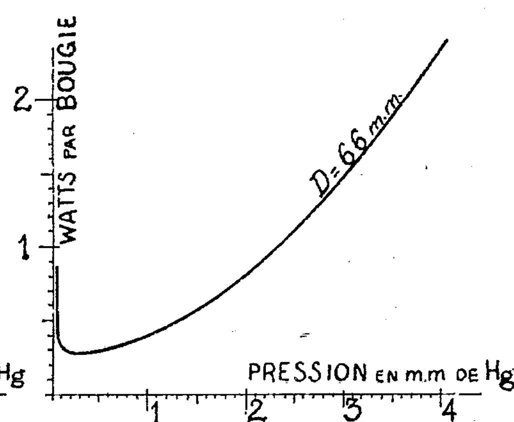


Fig. 2. — Consomm. spécif. tube à Ne 66^{mm} diam. en fonction de la pression.

moi dès 1911 (¹) pour l'obtention de la lumière blanche, a été reprise et a conduit à des résultats économiques bien meilleurs. Elle consiste à associer des tubes à *néon* et des tubes à *mercure*, dont les radiations se complètent, les tubes à mercure étant préférablement réalisés, non d'après le principe de Cooper-Hewitt, qui exige, pour l'allumage, des artifices tels que la rupture d'une colonne de mercure, mais d'après le principe que j'ai indiqué, très utilisé à l'heure actuelle, consistant à placer un peu de mercure dans un tube à *néon* (qu'on peut remplacer par un autre gaz rare). Ce tube s'allume alors comme un tube à néon, mais le passage du courant volatilise bientôt le mercure, dont la lumière y devient seule visible. Le néon et le mercure des tubes

(¹) Voir en particulier brev. fr., 28 nov. 1910, et *Société des Ing. civ.*, 21 nov. 1913.

associés fournissant l'un et l'autre un bon rendement, on peut ainsi obtenir économiquement la lumière blanche et pénétrer dans le domaine de l'éclairage.

La recherche du meilleur rendement dans cette voie a d'abord amené à reconnaître l'intérêt, signalé ci-dessus à propos de l'hélium, des faibles pressions de gaz rares, tant pour la charge des tubes à néon que pour celle du gaz auxiliaire des tubes à mercure. Abstraction faite de la durée, il y a intérêt, pour le *meilleur* rendement, à descendre au-dessous des pressions usuelles de l'ordre des millimètres qui étaient jusque-là nécessaires pour obtenir une bonne durée.

Or, là encore, ces pressions optima très faibles ont pu être utilisées sans même avoir à augmenter les électrodes, en construisant celles-ci d'après les principes qui viennent d'être esquissés pour les tubes à hélium.

Cette possibilité d'introduire les tubes à gaz rares dans le domaine de l'éclairage proprement dit a donné une autre ambition : celle d'abandonner les voltages élevés des tubes luminescents et de réaliser des tubes capables de s'allumer sous les 110 ou 220 volts des distributions urbaines.

Or, si l'on divise, par exemple, les volts par 10, il faudra multiplier les ampères par 10 pour obtenir la même intensité lumineuse. Ces tubes à bas voltage seront donc des tubes à grosse intensité; cette conception paraît d'autant plus intéressante que, surtout pour les tubes à néon, l'amélioration du rendement avec la diminution de la pression croît avec le diamètre. C'est ainsi (*fig.* 2) que pour un tube à *néon* de 66^{mm} de diamètre, la consommation spécifique mesurée avec un tube étalonné par l'Institut d'Optique [*Lampe étalon de MM. Ch. Fabry, L. Roux et E. Perrin* (*Revue d'Optique*, n° 1, janvier 1929, p. 1)] passe de 0,9 w:b à 0,30 w:b quand la pression s'abaisse de 2^{mm} à $0^{mm},2$.

La basse pression sera donc la clef des bons rendements si la durée peut être obtenue.

Or, étant ainsi conduit à des tubes de gros diamètre et à des courants très intenses, on serait amené, surtout sous ces faibles pressions, à des électrodes énormes, inadmissibles, si l'on devait y appliquer les règles des électrodes des tubes usuels à régime *luminescent*.

Mais de pareils tubes fonctionnent sous un régime bien différent du *régime luminescent*, c'est-à-dire sous le *régime d'arc*. On sait depuis longtemps que lorsque certaines conditions quant à la nature de la cathode, l'intensité du courant et l'excitation sont réalisées, la totalité du courant est émise, non plus par la totalité de la cathode, mais par une partie minuscule de sa surface, dite *tache cathodique :* et ce passage par une si petite surface d'un courant qui peut être énorme se fait avec une telle facilité que la chute cathodique, d'une centaine de volts en régime luminescent,

tombe à 2 ou 3 volts en régime d'arc. C'est d'ailleurs ce qui permet à ces tubes de fonctionner sous les faibles voltages des réseaux de distribution.

C'est par ce mécanisme que fonctionnent les tubes à mercure de Cooper-Hewitt, mais on sait aussi depuis longtemps que les tubes à gaz rares peuvent fonctionner aussi en régime d'arc avec des cathodes appropriées et par exemple en mercure (¹) ou en potassium.

Ici, la densité de courant dans la tache cathodique atteignant l'ordre des ampères par millimètre carré, est des milliers de fois celle de ma règle du décimètre carré et demi par ampère, dont la portée se limite donc au seul *régime luminescent*. En régime d'arc, par contre, la volatilisation intense qu'entraîne cette densité énorme à la tache cathodique provoquerait une absorption rapide de gaz si des dispositions n'étaient pas prises pour que les vapeurs de potassium, par exemple, se condensent exclusivement à l'état *liquide* et retombent à la cathode, dite de ce fait *régénérable* : elles ne peuvent dès lors emprisonner les gaz.

Cependant, ceci ne suffit pas encore pour employer pratiquement les tubes à néon en régime d'arc. Car, la cathode rendue inoffensive, c'est l'*anode*, la vaporisation et l'occlusion qu'elle entraîne qui prennent le rôle prépondérant, d'où de faibles durées, même avec des pressions élevées, préjudiciables au rendement lumineux. Mais les moyens signalés à propos des tubes à hélium sont si efficaces ici encore qu'ils ont permis d'employer ces basses pressions si favorables au rendement et d'atteindre des durées très grandes, malgré les courants très intenses de ces régimes d'arc. Ces résultats étaient vraiment inespérés.

Voici un de ces tubes à néon de 66^{mm} de diamètre, de $1^{m},10$ de long, chargé à $4/10^{e}$ de millimètre, muni d'une cathode de potassium et de deux anodes, qui fonctionne pratiquement à 25 ampères sous 120 volts alternatifs. Le $\cos\varphi$ de l'installation est de 0,9. Six de ces sources très puissantes alimentées en courant triphasé 200 volts vont servir à des essais de balisage pour la Marine nationale.

M. André Claude et ses collaborateurs ont d'autre part réussi à faire fonctionner directement sur courant alternatif de basse tension les tubes à mercure et gaz rare amorceur. En combinant ces deux espèces de tubes, on obtient, comme on le voit, une très belle lumière blanche. Une installation analogue de ce genre, celle-ci sur courant continu 200 volts a été faite au journal *Le Matin*, où elle fonctionne déjà depuis de longs mois, les tubes étant dissimulés derrière un verre légèrement dépoli.

C'est encore d'une façon analogue qu'a été réalisée, sous la direction de M. Aycoberry, l'importante installation faite à l'*Office Central Électrique* (O. C. E. L.), avec 56 tubes à néon et 28 tubes à mercure disposés derrière un vitrage dépoli de 130^{m^2}.

Cet ensemble donne, dans une salle de plus de 200^{m^2}, une lumière diffuse uniforme très sensiblement blanche d'un bel effet; l'éclairement moyen au sol est de l'ordre de 400 lux, la consommation totale, de 36 kW. Le même éclairement, dans les mêmes

(¹) Brevet français 7 mars 1910.

conditions, aurait coûté 50 kW avec des lampes dites demi-watt, qui n'eussent pas donné cette qualité de lumière.

Les tubes à mercure de cette installation ont dès à présent dépassé 1000 heures, et plus de 2000 heures en essais de laboratoire. Ces tubes à mercure sont alimentés sous courant diphasé de 300 volts, l'intensité redressée est de 5 ampères.

Dans des ateliers, ces tubes à basse tension néon et mercure combinés pourront être employés nus sans inconvénient et le rendement net en lumière blanche dépassera de plus de 20 pour 100 celui des lampes à incandescence dites demi-watt.

Je crois intéressant, en terminant, de montrer un ancêtre déjà très vieux des tubes dont je viens de parler. C'est un tube à régime d'arc et basse tension construit sur les indications données par moi en 1910 (brev. fr. 7 mars 1910) et qui, grâce à l'emploi d'une cathode en mercure convenablement refroidie, donne à lui seul une colonne lumineuse mi-partie rouge et bleue, fournissant par son ensemble de la lumière à peu près blanche.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Les éclairs globulaires et ascendants dans les montagnes et les plateaux élevés.* Note de M. **E. Mathias**.

1. H. Faye, ayant remarqué que les orages très violents sont souvent accompagnés de trombes et d'éclairs globulaires, croyait que les trombes engendrent les éclairs globulaires; il disait : « *Il semble que la trombe ponde des boules de feu par son extrémité inférieure*. J'ai cherché si la foudre en boule apparaissait aussi dans les montagnes où les orages sont si fréquents. *Je n'en ai relevé qu'une seule observation* faite à la station météorologique de *Pike's Peak* (Colorado, U. S. A.) à une altitude de 4375^{m}. *La rareté relative de la foudre globulaire en cette région,* si favorisée sous le rapport de l'électricité, *doit être attribuée à la rareté des trombes qui la visitent* (¹). »

Le professeur Galli expliquait cette rareté par l'habitude presque générale des observations à heure fixe, et aussi par le danger qu'on rencontre en montagne du chef d'orages très violents.

M. Studer et sa femme, montant au Sentis (2504^{m}) (Suisse) le 25 juin 1885, virent à l'improviste, sur une crête à gauche du sommet, pendant un orage déversant une pluie diluvienne et la neige, une *file horizontale de petits globes jaunâtres* qui couraient en s'approchant et composèrent une grande masse lumineuse *de laquelle tombèrent en explosant*, comme des fusées

(¹) *L'Astronomie*, 10, 1891, p. 22. Paris, Gauthier-Villars et fils.

à étoiles d'artifice, *des globes rouges et bleus*. Et le même phénomène se reproduisit plusieurs fois ([1]).

Le 14 juillet 1921, au sommet de la *Meije* (3982^m, d'après M. P. Helbronner), M. P. Dalloz et son compagnon virent, l'espace d'une seconde, à 2^m au-dessus d'eux, *une boule de feu dont le centre était jaune paille et les bords légèrement violacés*. Peu après elle explosa et très distinctement ils purent sentir une odeur alliacée attribuée par eux à l'ozone ([2]). La coloration de cette foudre était pratiquement identique à celle de l'éclair rubanné vu par Pierre, à Clermont-Ferrand, dans sa première phase.

Le capitaine Watson, du navire anglais *Charles-Bal*, lors de l'éruption du Krakatoa, vit au-dessus du volcan, dans la nuit du 22 août 1883, un « renouvellement continu de boules de feu *blanches* » alors qu'il en était éloigné de 12 milles ([3]).

Les observations suivantes furent faites pendant un séjour dans la Cordillère de *Quimza-Cruz* (Mina Aquila, 5200^m, Bolivie, départ. de La Paz, province Inquisivi) du milieu de janvier à fin mars 1909. Le phénomène, appelé *éruption d'étincelles*, est celui que vit, le 7 août 1741, Pieter van Musschenbrock et qu'il appela *serpent des météores* ([4]). Le phénomène bolivien ne fut observé « ... qu'une fois..., le 11 mars 1909, à 11^h du soir..., à une distance d'environ 500^m du rancho d'Aquila, par une nuit étoilée. D'une cime de rochers située 300^m plus haut *partit brusquement un rayon de* $3^m,5$ *de haut, large de* 2 *doigts, jaune blanc*, ne se mouvant que faiblement, *qui dura à peine une seconde et qui se répéta après* 2 *ou* 3 *secondes*.

» Parmi différentes *éruptions d'étincelles* de cette sorte qui m'ont été rapportées, mentionnons-en brièvement encore deux. Le professeur Steffen (Santiago-du-Chili) a parlé d'une apparition semblable dans la Cordillère du moyen Chili, par laquelle un mulet fut tué. L'ingénieur Germann a observé des *éruptions d'étincelles* sur une beaucoup plus grande échelle et de plus longue durée dans le territoire de Sorata. Elles doivent être plus fréquentes dans les Cordillères péruviennes que dans la Bolivie.

» *Les éclairs en boule, par contre, semblent, ici comme là, inconnus.* »

([1]) *Ann. Soc. Mét. France*, 37, 1889, p. 167, et *Meteor. Zeitschr.*, avril 1888, p. 159.

([2]) Pierre Dalloz, *La Montagne*, n° 210, mars 1928, p. 81.

([3]) George Kennan, *The tragedy of Pelée* (*The Outlook*, New-York, 71, 1902, p. 115). Cité par A. Lacroix, *La Montagne Pelée et ses éruptions*, Chap. X, § 1, Paris, Masson et Cie, éditeurs, 1904.

([4]) E. Mathias, *La Matière fulminante*, § 7, 1908, p. 113.

[WALTER KNOCHE, *Des décharges électriques dans la Cordillère* (*Meteor. Zeitschr.*, 1908, p. 355).]

En résumé, dans les grandes altitudes, malgré le fort champ électrique de l'air, la foudre globulaire est rare, sauf certains jours d'orage. Sa couleur, *blanche* dans les grandes altitudes, ne descend guère qu'au *jaune* plus ou moins pâle dans les altitudes moyennes. Il en est de même des éclairs ascendants en forme de fusée qu'on ne voit jamais se transformer en éclairs globulaires, qui sont peu stables et durent peu.

2. Notre théorie rend compte simplement de toutes ces particularités. La pression de l'air, dans les montagnes est une fraction de l'atmosphère normale. La matière fulminante, qui prend naissance vers 2500° C., où elle est d'un blanc éblouissant avec une tension de dissociation très faible, en se refroidissant augmente sa tension de dissociation f. Elle se décompose nécessairement dès que f dépasse nettement la pression atmosphérique. Sa température de disparition s'élève donc rapidement avec l'altitude. Aux altitudes basses, la température peut s'abaisser aux environs de 500° C., où la matière fulminante, corps *optiquement noir*, rouge sombre, se décompose nécessairement.

Dès que l'altitude est assez grande pour que la température ne descende pas au-dessous de 1200° C., la couleur est jaune plus ou moins pâle; aux altitudes encore plus grandes, la couleur de la matière fulminante est pratiquement blanche.

Dans l'observation du Sentis, le *globe jaunâtre en file*, en explosant, donne naissance à des globes *rouges* instables parce que cette décomposition brusque est l'équivalent d'une tension de dissociation *subitement augmentée*, donc d'une température *subitement abaissée jusqu'au rouge;* la matière fulminante se décompose aussitôt après parce que la tension de dissociation de la matière fulminante est alors beaucoup plus grande que la pression atmosphérique correspondant à l'altitude.

Quant à la coloration *bleue* apparue en même temps que le *rouge*, elle indique la présence de l'impureté *soufre* qu'on retrouve dans les foudres *violacées* ou *mauves* des régions élevées de l'air (foudres globulaires du puy de Dôme, du Sentis, de la *Meije*, des nuages volcaniques de la Montagne Pelée; foudre rubannée de *Pierre*).

La rareté relative de la foudre globulaire en montagne et la non-transformation en sphère des éclairs ascendants en fusée des hauts plateaux boliviens tiennent à ce que la température très élevée de la matière fulmi-

nante impose une tension superficielle très faible ([1]) qui rend peu stable l'éclair ascendant et est incapable de réduire la surface extérieure de l'éclair ascendant à sa valeur minima sphérique, ce qu'elle fait aisément quand la température est basse et la couleur *rouge*.

ALGOLOGIE. — *Sur quatre* Ectocarpus. Note de M. C. **Sauvageau**.

Les observations résumées ici ont été faites en 1932 à Guéthary (Basses-Pyrénées) : un prochain Mémoire les exposera en détail.

J'ai montré, en 1896, que l'*Ect. virescens* possède deux sortes d'organes pluriloculaires, des méiosporanges et des mégasporanges, portés par des individus séparés qui, d'après Svedelius, possèdent le même nombre de chromosomes; la germination de leurs zoospores produit des individus de même sorte, sans pléthysmothalle. Depuis, j'ai maintes fois cherché, sur cette espèce, d'autres organes reproducteurs, mais toujours vainement. Or, en mars dernier, j'ai trouvé les sporanges uniloculaires sur des filaments qui portaient aussi des mégasporanges. Leurs zoospores, aussi grosses que les mégaspores, engendrent des plantes qui offrent simultanément des mégasporanges et d'autres organes pluriloculaires de même forme, mais peu colorés, qui sont évidemment des anthéridies; les petits éléments motiles qui en sortent ne montrent plus de chromatophore, tandis que le point rouge persiste; les anthérozoïdes périssent quelques heures après leur fixation. Bien que les circonstances ne m'aient pas permis de pratiquer des essais de fécondation, les mégasporanges sont vraisemblablement des oogones. Cependant les plantules, développées sans pléthysmothalle, abondèrent bientôt dans les cultures; un mois après, les nouveaux individus, de belle venue, portaient aussi des mégasporanges et des anthéridies. Toutefois, j'ignore si ces individus de seconde génération proviennent d'oosphères fécondées ou parthénogénétiques.

Je rappelle que les sporanges uniloculaires sont inconnus chez les trois *Ectocarpus* (*E. secundus*, *E. Padinæ*, *E. Lebelii*) pourvus d'anthéridies, et j'ai indiqué récemment ([2]) que les anthéridies et les oogones de l'*E. secundus* sont remplacés, en arrière-saison, par des méiosporanges.

([1]) E. Mathias, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 413.

([2]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 971.

Dans le cours de son existence sur le *Saccorhiza*, l'*E. Hincksiæ* fournit une quantité prodigieuse de sporanges pluriloculaires plus ou moins asymétriques. Les sporanges uniloculaires, accompagnés chacun d'un involucre, se trouvent sur d'autres individus qui paraissent rares. Les zoospores des uns et des autres sont semblables, très petites, pourvues d'un unique chromatophore. Celles des sporanges uniloculaires fournissent un pléthysmothalle rampant pourvu de sporanges pluriloculaires; de nombreux filaments dressés, identiques à l'*E. Hincksiæ* du *Saccorhiza*, s'en élèvent. Il y a donc alternance entre les deux sortes d'individus, avec intercalation d'un pléthysmothalle parfois réduit à un protonéma; la saison favorise peut-être l'une ou l'autre formation, comme cela se voit chez les *Punctaria* et *Litosiphon*.

Les zoospores des sporanges pluriloculaires de la plante sauvage fournissent aussi, sur un pléthysmothalle réduit comme tel, ou sur un protonéma, des filaments dressés qui portent des sporanges uniloculaires isolés ou disposés en séries unilatérales, dont les zoospores se comportent exactement comme je viens de dire pour celles des mêmes organes de la plante sauvage. Toutefois, j'ai toujours vu ces sporanges privés d'involucre, comme si la culture en milieu confiné en empêchait la formation. Quoi qu'il en soit, l'alternance est donc patente. J'essaierai d'expliquer ultérieurement pourquoi, dans la nature, les individus d'*E. Hincksiæ* pourvus de sporanges pluriloculaires sont infiniment plus fréquents que ceux qui sont pourvus de sporanges uniloculaires.

Chez les espèces du petit groupe des *Ectocarpus* cespiteux, les auteurs citent plus souvent les sporanges pluriloculaires que les sporanges uniloculaires; les deux sortes d'organes se rencontrent rarement sur le même individu. Dès la fin de février, et pendant tout le mois de mars, l'*Ect. simplex* observé sur le *Cystoseira granulata* portait uniquement des sporanges uniloculaires; il disparut en avril sans avoir produit d'autres organes reproducteurs. La culture des zoospores m'a fourni directement, sans pléthysmothalle, des individus semblables aux précédents, mais qui offraient exclusivement des sporanges pluriloculaires. En principe, il y aurait donc alternance entre les individus munis de sporanges uniloculaires et ceux qui sont munis de sporanges pluriloculaires. Toutefois, l'alternance n'est peut-être pas inévitable; ainsi, les zoospores des sporanges pluriloculaires de l'*E. globifer*, espèce voisine, m'ont fourni de nouveaux individus pourvus de la même sorte de sporanges.

PARASITOLOGIE. — *Endomycètes nouveaux des larves aquatiques d'Insectes.* Note [1] de M. L. Léger et Mlle M. Gauthier.

Au cours de recherches sur la parasitologie des larves d'Insectes des eaux alpines, nous avons eu maintes fois l'occasion d'observer dans l'intestin des larves de Simulies le curieux Entophyte *Harpella melusinæ* découvert par Léger et Duboscq [2] et nous avons en outre rencontré dans diverses autres larves (Ephémérides, Némurides, Chironomides, Simulides etc.) toute une série de formes affines qui nous paraît devoir constituer avec *Harpella* un groupe nouveau et assez homogène d'Endomycètes sur lequel nous donnerons d'abord ici une vue d'ensemble préparatoire à une étude détaillée.

Tous ces Entophytes semblent vivre en commensaux dans l'intestin de leur hôte et s'altèrent rapidement après la mort de celui-ci. Ils vivent fixés les uns sur la membrane péritrophique de l'intestin moyen, les autres sur la cuticule rectale. Là, ils croissent activement en donnant finalement des conidies résistantes, uninucléées, ovoïdes ou tubuleuses, droites ou arquées, disposées le plus souvent en épi unilatéral comme chez *Harpella*.

Les formes qui vivent sur la membrane péritrophique de l'intestin moyen sont des organismes simples, non rameux, en tube eccriniforme fixé par un pavillon et donnant des conidies unilatérales ou terminales. Elles rentrent ainsi dans la famille des Harpellacées à laquelle nous rattacherons les deux genres nouveaux *Stachylina* et *Opuntiella* vivant dans les larves de Chironomides, et dont la morphologie évoque certaines algues Hétérocontes telles que *Characiopsis* et *Ophiocytium*.

Le genre *Stachylina* n. g. caractérisé par un tube simple rectiligne ou à peine ondulé donnant, à la fin de sa croissance et après cloisonnement, un épi de conidies unilatérales en navette, se rencontre dans diverses larves de Chironomides des ruisseaux alpins (*Diamesa*, *Cricotopus*, *Tanytarsus*, etc.) et comporte au moins deux espèces : l'une, *Stachylina longa* n. sp. se montre sous forme d'un long tube eccrinien de 1^{mm} donnant successivement de l'apex vers la base, des séries de 6 à 8 conidies de 25^{μ}. L'autre *St. macrospora* n. sp. fréquente dans les larves de *Diamesa*, ne dépasse guère 100^{μ} et se convertit à la fin de la croissance en un unique épi de 6 à 8 conidies pédonculées d'environ 40^{μ}.

Le genre *Opuntiella* n. g., rencontré dans des larves de *Trissocladius* des monts du

---

(1) Séance du 20 juin 1932.

(2) L. Léger et O. Duboscq, *Harpella melusinæ* n. g. n. sp. (*Comptes rendus*, 188, 1929, p. 951).

Vercors, est en forme de tube simple de 150^{μ} terminé par un court segment conidiophore en raquette portant chez *Op. digitata* n. sp. 5 à 6 conidies tubuleuses sessiles de 20^{μ} disposées côte à côte.

Les formes qui vivent sur la cuticule rectale sont toujours rameuses et les rameaux qui se montrent, par la suite, divisés en une file de cellules uninucléées, donnent naissance à des épis ou des couronnes de conidies.

Dans ces Entophytes rectaux nous distinguerons dès maintenant trois genres principaux d'après la morphologie du thalle, la forme et la disposition des conidies :

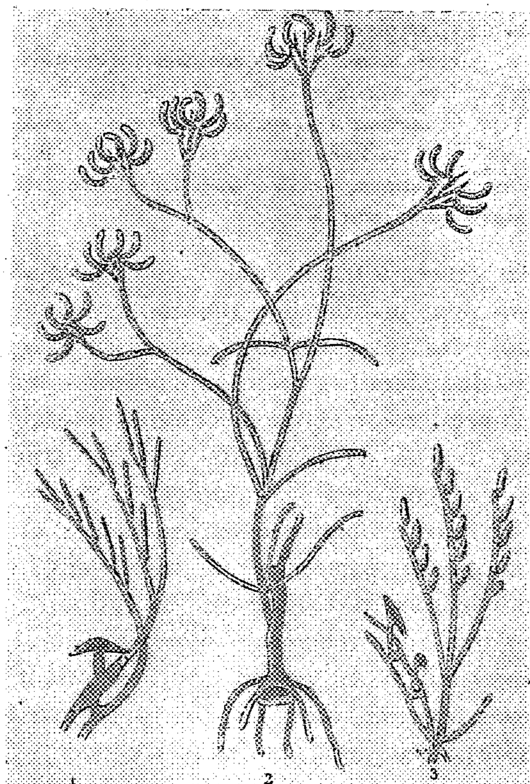


Fig. 1. *Stipella vigilans* n. g. n. sp. Rameaux conidiens et zygospore. — Fig. 2. *Orphella coronata* n. g. n. sp. Un pied entier avec ses inflorescences conidiennes. — Fig. 3. *Genistella ramosa* n. g. n. sp. Rameaux conidiens et zygospores. Gross. 100 d. pour les trois figures.

Le genre *Stipella* n. g. implanté dans une cupule muqueuse par un pied simple ou fourchu qui se continue par un axe principal émettant des rameaux latéraux chargés par la suite de longues conidies cylindriques unilatérales. L'espèce type *St. vigilans* n. sp. vit dans le rectum des larves de Simulie souvent en compagnie de *Para-*

mæbidium. L'arbuscule atteint jusqu'à 1^{mm}. Conidies en baguette de 70 à 80^{μ}. Zygospore biconique incurvée de 80 à 100^{μ} insérée perpendiculairement sur son support (*fig.* 1).

Le genre *Genistella* n. g. à thalle rameux d'emblée fixé par un large pavillon jaunâtre et dont les nombreux rameaux se terminent par des épis unilatéraux de conidies en navette, rappelle une touffe de genêt en miniature. Ce genre montre de nombreuses espèces dans les larves d'Éphémérides, de Némurides, de Simulides, de Chironomides et de Tipulides. L'espèce type *G. ramosa* n. sp. à thalle très rameux, donnant des conidies de 35 à 40^{μ} et des zygospores biconiques effilées de 60^{μ} insérées très obliquement (*fig.* 3) est commune dans le rectum de *Bætis rhodani* Pict. des torrents alpins. Elle est parfois fixée sur les gros tubes de *Paramæbidium* dont les innombrables amibes, au moment de la mue de l'hôte, se voient rampant de toutes parts entre les rameaux et les conidies du champignon.

Le genre *Orphella* n. g. caractérisé par ses conidies arquées disposées en couronne terminant les rameaux fertilles, abrite sa frêle élégance dans le rectum des larves de Nemurides. L'espèce type *O. coronata* n. sp. des larves de *Protonemura humeralis* Pict. atteint 1^{mm} (*fig.* 2). Elle est fixée par un large pavillon en cloche avec 2 radicelles. Conidies arquées, en banane, de 45 à 50^{μ}. Une autre espèce plus trapue vit dans les larves de *Nemura variegata* Oliv.

Ces trois derniers genres à thalle rameux nous paraissent présenter des rapports assez étroits pour justifier leur réunion dans une même famille, la famille des Genistellacées qui se distingue ainsi des Harpellacées à thalle tubuleux simple, ces deux familles présentant, comme traits communs, un appareil fixateur, la production active de conidies latérales et la formation de zygospores aux dépens de filaments sexuels, trois caractères qui s'opposent à ceux du remarquable entophyte l'*Asellaria Caulleryi* que R. Poisson vient de faire connaître chez les Aselles et pour lequel il a établi à juste titre un groupe particulier, le groupe des Asellariées [1].

Sans aborder pour le moment l'étude de l'évolution et la discussion des affinités des formes que nous venons de signaler et dont nous ferons connaître bientôt de nouveaux types, nous devons cependant dire dès maintenant que nous avons observé, dans les genres *Genistella* et *Stipella*, la reproduction sexuelle par conjugaison de deux éléments cellulaires provenant de rameaux contigus et aboutissant à la formation d'une grosse zygospore pédonculée à paroi épaisse (*fig.* 1 et 3) tout à fait différente des conidies par sa forme, son volume et son orientation. Les premières phases de ce processus rappellent celui observé par Thaxter chez *Entomophtora*

---

(1) R. Poisson, *Asellaria Caulleryi* ng. n. sp. (*Bull. biol. de la Fr. et de la Belg.*, 66, 1932, F. 2, p. 232).

sepulcralis, ce qui paraît appuyer l'idée émise par Léger et Duboscq à propos des Harpellacées, à savoir que les affinités de ces Endomycètes sont peut-être à rechercher du côté des Entomophtorales.

M. H. **Deslandres** présente le premier volume des *Observations solaires poursuivies à l'Observatoire de Coïmbra* (Portugal) par son directeur, le Dr Da Costa Lobo. On sait que cet Observatoire portugais travaille en collaboration avec notre Observatoire de Meudon, pour l'étude et l'enregistrement des couches de l'atmosphère solaire. Les deux Observatoires ont les mêmes appareils solaires; et les épreuves de Coïmbra sont envoyées à l'Observatoire de Meudon qui publie avec une subvention internationale des cartes synoptiques de l'atmosphère du Soleil.

Ce premier volume réunit toutes les observations de l'année 1929. Il reproduit les épreuves de la couche supérieure et des protubérances obtenues chaque jour à Coïmbra, et ajoute un dessin très original, qui, par une méthode de projection nouvelle, présente tous les détails du Soleil, en conservant les surfaces. Enfin les coordonnées de tous les points intéressants sont données dans des tableaux particuliers.

Cette publication fait le plus grand honneur à l'Observatoire de Coïmbra et à son directeur.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 34 suffrages, MM. **H. Deslandres** et **H. Le Chatelier** sont réélus membres du *Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique*.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Mécanique du *Conservatoire national des Arts et Métiers*, pour la première ligne, M. *Théophile Got* obtient 31 suffrages, contre 11 à M. *Albert Metral* et 2 à M. *Henri Beghin*. Pour la seconde ligne, M. *Albert Metral* obtient 26 suffrages contre 5 à M. *Henri Beghin*. Il y a 3 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts comprendra :

En première ligne .... M. **Théophile Got**.
En seconde ligne .... M. **Albert Metral**.

PLIS CACHETÉS.

La **Société Chimique de France**, en qualité de légataire universelle de l'auteur, demande l'ouverture de deux plis cachetés déposés par M. *Achille Le Bel*, reçus dans les séances du 22 février 1897 et du 9 avril 1900, et inscrits sous les nos 5291 et 6202.

Ces plis sont ouverts en séance par M. le Président.

Le premier pli contient une Note intitulée *Expériences sur l'accroissement des cristaux d'une masse cristalline d'orientation diverse.*

Le second contient l'exposé d'expériences faites *Dans le but de vérifier s'il existe deux isomères du chlorure d'ammonium ayant reçu par substitution trois radicaux* X *et un* Y.

(Renvoi à la Section de Chimie.)

M. **H. Bordier** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 22 juin 1931 et inscrit sous le n° 10443.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note *Sur un procédé simple et infaillible pour diagnostiquer la mort réelle.*

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Président du Sénat** invite l'Académie à assister, le 8 juillet 1932, à 9h45m, au Petit Luxembourg, à l'inauguration de la plaque commémorative de la naissance de *Sadi Carnot.*

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à élire :

1° pour faire partie de la 1re Section de la Commission technique de la *Caisse des Recherches scientifiques*, un membre de chacune des Sections de Médecine et Chirurgie, d'Anatomie et Zoologie, d'Économie rurale, de

Botanique, en remplacement de MM. *É. Quénu*, *L. Bouvier*, *P. Viala*, *L. Mangin*, rééligibles;

2° pour faire partie de la 2e Section de la même Commission, quatre membres de l'Académie choisis hors des Sections citées ci-dessus, en remplacement de MM. *E. Picard*, *A. Lacroix*, *H. Le Chatelier*, *M. Brillouin*, rééligibles;

3° pour faire partie de la 3e Section de la même Commission, un membre de l'Académie en remplacement de M. *E. Picard*, rééligible.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° The Royal Society of Canada. *Fifty Years Retrospect.*

2° Gouvernement général de l'Indochine. Yves Henry. *Économie agricole de l'Indochine.*

3° Theophilo Nolasco d'Almeida. *Miguel Faraday.*

4° Theophilo Nolasco d'Almeida. *Einsteine « versus » Michelson.*

5° Gerhard Nilsson. *Das Doppelmolekül.*

6° Corps. *Ce qu'il faut penser de la théorie d'Einstein.* (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur la figure formée par une quadrique et deux droites.* Note de M. **Pacquement**, présentée par M. Hadamard.

I. Considérons une quartique bicirculaire q; soient F un de ses foyers, I et J les points cycliques. Soient F, λ_1, μ_1, ν_1 les quatre foyers de q situés sur FI; F, λ_2, μ_2, ν_2 ses quatre foyers sur FJ. FI touche q en α_1; FJ touche q en α_2.

Transformons la figure par inversion, et désignons par des lettres accentuées les éléments analogues de la quartique bicirculaire q' transformée de q. F devient un foyer F' de q'. FI devient F'J; FJ, F'I; $\lambda_1, \ldots, \alpha_1$ deviennent respectivement $\lambda'_2, \ldots, \alpha'_2$, etc. De plus les rapports anharmoniques se conservent; donc :

$$(\lambda_1 \mu_1 \nu_1 \alpha_1) = (\lambda'_2 \mu'_2 \nu'_2 \alpha'_2),$$
$$(\lambda_1 \mu_1 \nu_1 F_1) = (\lambda'_2 \mu'_2 \nu'_2 F'_2).$$

Par suite de l'anallagmatie de q, on peut supposer que q' a un axe de symé-

trie, ce qui démontre que

$$(\lambda_1\mu_1\nu_1\alpha_1) = (\lambda_2\mu_2\nu_2\alpha_2) = \rho_2,$$
$$(\lambda_1\mu_1\nu_1 F) = (\lambda_2\mu_2\nu_2 F) = \rho_2.$$

On peut appeler ρ_1 et ρ_2 les rapports anharmoniques de la quartique. *Ces rapports anharmoniques se conservent par inversion.*

Une quartique à deux points doubles peut être transformée homographiquement en une quartique bicirculaire. On déduit de ce qui précède l'existence pour une quartique à deux points doubles de deux invariants ρ_1, ρ_2 qui se conservent dans une transformation quadratique. On sait qu'une telle quartique n'a que deux invariants dans une transformation quadratique. Ceci dit, remarquons que si l'on projette une figure d'une quadrique en prenant comme centres de projection deux points de celle-ci, on obtient deux projections qui se correspondent par une transformation quadratique. En particulier :

Les deux projections d'une biquadratique gauche sont deux quartiques à deux points doubles ayant mêmes rapports anharmoniques.

ρ_1 n'est autre chose que le rapport anharmonique des quatre plans tangents à la biquadratique issue de ses sécantes doubles (rapport qu'on sait être indépendant de la sécante envisagée). ρ_1 est donc le même quel que soit le centre de projection. Au contraire, ρ_2 ne reste constant que pour un point de la quadrique. Nous démontrons ainsi à nouveau le théorème de M. E. Halphen.

II. Considérons une quadrique et deux droites; soient q, Δ_1, Δ_2. Les droites touchant q rencontrant Δ_1 et Δ_2 engendrent une surface : 1° circonscrite à q suivant une biquadratique gauche Γ qui admet Δ_1 et Δ_2 comme sécantes doubles; 2° dont la section par un plan quelconque est une quartique à deux points doubles q.

Il est clair que le passage d'un plan sécant à un autre peut se faire par une transformation quadratique. Ainsi :

Les rapports anharmoniques de q sont indépendants du plan sécant.

On pourrait appeler ces rapports anharmoniques rapports anharmoniques des deux droites et de la quadrique.

On démontre que ces rapports se conservent par inversion lorsque Δ_1 et Δ_2 sont deux droites isotropes et q une sphère.

III. Les plans tangents à Γ issus de Δ_1 sont les plans tangents à q, et les plans passant par les intersections de Δ_2 et de q (plans contenant Δ_1).

En appliquant la même remarque à Δ_2, et en se reportant au théorème

sur les plans tangents à une biquadratique issus de ses sécantes doubles, on voit que :

Étant données une quadrique q, et deux droites Δ_1, Δ_2, le rapport anharmonique des plans tangents à q issus de Δ_1 et des plans contenant Δ_1 et les points d'intersection de Δ_2 avec q est égal au rapport analogue relatif à Δ_2.

GÉOMÉTRIE SUPÉRIEURE. — *La déformation de l'espace dans la théorie de la relativité.* Note de M. **Georges Darmois**, présentée par M. Émile Borel.

Les travaux de Friedman et Lemaître, suivis de beaucoup d'autres ont mis en évidence, sous une forme élégante, la possibilité d'une déformation homothétique de l'espace, conséquence de la théorie d'Einstein.

L'espace, associé aux caractéristiques de la distribution matérielle, peut se modifier avec elles.

Cette propriété si naturelle vaut, non seulement pour l'univers envisagé dans son ensemble, mais pour des portions de cet univers. Il suffit, pour le voir, de se reporter aux équations générales. Une signification concrète est attribuée aux coordonnées par le choix : pour le temps, de l'intervalle d'univers des particules matérielles; pour l'espace, des paramètres des lignes d'univers de ces particules.

De plus, dans un but de simplification, on peut, avec les auteurs dont nous avons parlé, faire l'hypothèse, non indispensable, que le temps est orthogonal à l'espace. On aura donc

$$dS^2 = dx_4^2 - ds^2, \qquad -ds^2 = g_{ik}\,dx^i\,dx^k \qquad (i, k = 1, 2, 3).$$

Les équations d'Einstein

$$G_{\alpha\beta} - \frac{1}{2} g_{\alpha\beta} G - \lambda g_{\alpha\beta} = KT_{\alpha\beta}$$

mettent en évidence (G. Darmois, *Ann. de Phys. Paris*, 10e série, 1, 1924, p. 5; *Mémorial Sc. math.*, 25, 1927) le tenseur γ_{ik} et la courbure scalaire γ de l'espace ordinaire $x_4 =$ const., ainsi que sa deuxième forme fondamentale

$$\Omega_{ik}\,dx^i\,dx^k \quad \Omega_{ik} = -\frac{1}{2}\frac{\partial g_{ik}}{\partial x_4}, \qquad \Omega = g^{ik}\Omega_{ik};$$

$$(1) \qquad G_{ik} = \frac{\partial \Omega_{ik}}{\partial x_4} - \Omega\Omega_{ik} + 2 g^{\lambda\mu}\Omega_{i\lambda}\Omega_{k\mu} + \gamma_{ik},$$

$$(2) \qquad G_{i4} = g^{lk}[\Omega_{lk,i} - \Omega_{il,k}],$$

et

$$(3)\qquad G_{44} = -\frac{\partial^2}{\partial x_4^2}(\log\sqrt{D}) - H^2,$$

$$(3')\qquad L_{44} = R_{44} - \frac{R}{2} = \frac{\Omega^2 - H^2 - \gamma}{2}.$$

D est le discriminant de la forme ds^2, et $H^2 = g^{lk} g^{li} \Omega_{lk} \Omega_{hl}$. Il est clair que, si le temps x varie, une petite longueur de l'espace subit une variation donnée par

$$\frac{\partial l}{l} = -\,\partial x_4 \frac{\Omega_{ik}\,dx^i\,dx^k}{g_{ik}\,dx^i\,dx^k}.$$

Il y a donc déformation, variable avec l'orientation de l'élément l, si la deuxième forme n'est pas identiquement nulle. Or, on a par (3')

$$(4)\qquad \frac{\Omega^2 - H^2}{2} - \frac{\gamma}{2} = \lambda + k T_{44},$$

où T_{44} est la densité d'énergie.

On voit que cette densité comprend un terme de courbure intrinsèque et un autre de courbure extérieure ou courbure dans l'espace temps. Cette structure de la densité d'énergie, qui s'explique par la nécessité de la conservation, impose en général une déformation à l'espace, à moins que sa courbure intrinsèque ne vérifie la condition

$$-\frac{\gamma}{2} = \lambda + K T_{44}.$$

La deuxième forme fondamentale, en ce point et à cet instant, pourrait être identiquement nulle, et une petite masse matérielle aurait ses dimensions stationnaires, mais l'équation (3), réduite à son terme essentiel

$$\frac{\partial^2}{\partial x_4^2}(\log\sqrt{D}) = \lambda - k\frac{\rho}{2} - H^2,$$

montre que la dérivée seconde ne peut être annulée que si la constante cosmologique est différente de zéro, la densité restant constante suivant le tube d'univers. Un tel mouvement est d'ailleurs instable, comme le montre le raisonnement d'Eddington, car si ρ se trouve un peu trop petit, l'expansion résultante le diminue encore.

Résultats d'ensemble. — L'hypothèse la plus simple est celle d'une déformation indépendante de l'orientation, l'expérience paraît favorable à cette hypothèse. On est amené à supposer la deuxième forme proportionnelle à

a première, et à poser

$$ds^2 = R^2\, d\sigma^2,$$

R ne dépendant que du temps, $d\sigma^2$ ne dépendant que des coordonnées d'espace. Dans l'hypothèse d'un fluide parfait, les équations (1) entraînent la conséquence que la courbure riemannienne de l'espace est constante. En prenant positive la courbure scalaire de la forme ds^2, on obtient les équations de Friedman et Lemaître. On peut remarquer ici que rien n'oblige à considérer l'espace entier. Si la densité, non nulle dans un tube d'univers, devenait nulle à l'extérieur par exemple, on pourrait prendre, pour ds^2 intérieur,

$$dS^2 = dx_4^2 - R^2(x_u)[dx_1^2 + \sin^2 x_1(dx_2^2 + \sin^2 x_2\, dx_3^2)].$$

La variable x_1 irait seulement de zéro à une valeur inférieure à π. Ce dS^2 est capable d'un prolongement extérieur, en vertu de propriétés générales. Il est donc possible que la contraction où l'expansion d'un tube d'univers suive des lois analogues à celles de l'univers entier, à condition bien entendu d'adopter pour la densité la valeur qui convient à ce tube. Nous montrerons que l'on peut envisager une déformation plus générale.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la relation qui existe entre un arc de courbe et l'angle sous lequel on le voit de son origine.* Note de M. **Pierre Boos.**

Un arc MM′ pris sur une courbe d'une variété V est vu de son origine sous un angle c qui dépend en général de la longueur l de l'arc et de l'abscisse curviligne s de son origine; en vue d'étudier la relation qui existe entre c, s et l nous nous sommes proposé la détermination des courbes telles que cette relation puisse se mettre sous la forme :

$$(1) \qquad f(c).g(l).h(s) = \text{const.}$$

En particulier, si s est absent de (1), tout arc de la courbe est vu de son origine M sous un angle c indépendant de la position de M sur la courbe [propriété (P)]. Dans une Note précédente [1] nous avons montré que si une surface S possède une telle courbe, elle est nécessairement applicable sur une surface de révolution; et il existe alors sur S une infinité de courbes

[1] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1623.

possédant la propriété (P) : à savoir ceux des cercles géodésiques de la surface S qui correspondent aux parallèles de la surface de révolution.

Les mêmes méthodes permettent d'établir deux autres propriétés que possèdent seules ces mêmes catégories de surfaces et ces mêmes courbes : du milieu d'un arc on voit ses deux moitiés sous deux angles ayant une détermination égale en valeur absolue (propriété P_1); un arc est vu de ses deux extrémités sous deux angles ayant une détermination égale en valeur absolue (propriété P_2).

Nous pouvons aisément généraliser les méthodes employées, en vue de *déterminer les surfaces* S *sur lesquelles il existe une courbe* G *telle que la longueur d'un arc soit égale au produit d'une fonction de l'abscisse curviligne de son origine par une fonction de l'angle sous lequel on le voit de cette origine*. [Nous disons alors que la courbe G, supposée distincte d'une géodésique, possède la propriété (P').]

En adoptant sur la surface S le système de coordonnées orthogonales indiqué dans la Note précédente, il faut, pour que la courbe G possède la propriété (P'), que la fonction C qui figure dans le ds^2 de S ne dépende que du quotient u/v. Cette condition montre que *la surface* S *est applicable sur une surface spirale de Maurice Levy* et que la courbe G est l'analogue d'une des hélices coniques qui constituent les trajectoires des points de la surface spirale, soumis aux transformations classiques de cette surface en elle-même.

Nous n'avons pu établir s'il existe des surfaces S sur lesquelles une courbe G conduirait à la relation générale (1) dans laquelle $g(l)$ ne serait pas un polynome du premier degré; pourtant il est aisé de démontrer, à l'aide du développement limité donné dans la Note précédente, que : 1° il n'existe aucune surface sur laquelle une courbe régulière posséderait la propriété que l'angle, sous lequel un arc est vu de son origine, soit égal au produit d'une fonction de la longueur de l'arc par une fonction de l'abscisse curviligne de son origine [relation $c.g(l).h(s) = \text{const.}$]; 2° il n'existe, sur une surface à courbure, totale constante, aucune courbe (autre que celles mentionnées dans les cas précédemment étudiés) telle que la relation (1) ait la forme la plus générale indiquée.

Si maintenant nous supposons que la variété V est un espace à trois dimensions à courbure constante, nous pouvons résoudre divers problèmes analogues aux précédents en utilisant un développement limité de l'angle c. En effet les formules de Frenet permettent d'établir les développements limités des coordonnées de l'extrémité M' de l'arc MM' de longueur l, rapporté au trièdre de Frenet relatif à M. On déduit de là que l'angle e

admet lui aussi un développement limité qui est :

$$c(l,s)=\frac{l}{2}\rho+\frac{l^2}{3!}\rho'+\frac{l^3}{4!}\left(\rho''+\mathrm{K}\rho-\frac{\rho\tau^2}{3}\right)$$
$$+\frac{l^4}{5!}\left(\rho'''-\frac{\rho^2\rho'}{6}-\frac{7}{9}\rho'\tau^2-\frac{4}{3}\rho\tau\tau'+\frac{7}{3}\mathrm{K}\rho'\right)+\ldots,$$

où l'on désigne par ρ, τ, ρ', τ', ... les valeurs en M de la courbure, de la torsion et de leurs dérivées, et par K la courbure constante de l'espace.

Il en résulte qu'*une courbe gauche ne peut avoir la propriété* (P) *que* si sa courbure et sa torsion sont constantes, donc *si elle est une hélice circulaire de l'espace envisagé*. Il est facile de vérifier que ces conditions sont suffisantes et que ces hélices sont aussi les seules courbes gauches qui jouissent de l'une ou l'autre des propriétés (P_1) ou (P_2).

Pour qu'une courbe gauche possède la propriété (P′), il est nécessaire que la courbure de l'espace soit nulle et que la courbe soit une hélice conique; conditions qui sont suffisantes comme le montre la considération des transformations conformes transformant cette hélice en elle-même.

Enfin il n'existe aucune autre courbe gauche telle que la relation entre c, l, s ait la forme générale (1).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une comparaison entre l'oscillation des moyennes de Cesàro et de Hölder.* Note [1] de M. **C. E. Winn**, présentée par M. Hadamard.

1. Nous savons, d'après le théorème de Knopp-Schnee, que pour une suite $\{s_n\}$, les moyennes d'ordre entier r de Cesàro et de Hölder, soit s_n^r et $s_n^{(r)}$, convergent en même temps vers la même limite, finie ou infinie. Je me suis demandé quelles inégalités subsistent entre les intervalles d'oscillation [2] de ces moyennes dans le cas où ces limites n'existent pas; et je trouve ici

$$(1)\qquad \omega(s_n^{(r)})\leqq\omega(s_n^{r})\leqq 1.3.5\ldots(2r-1)\,\omega(s_n^{(r)}),$$

l'intervalle $\omega(s_n^{(r)})$ étant compris dans $\omega(s_n^r)$ [3]. Le théorème suscité res-

(1) Séance du 13 juin 1932.

(2) Je désigne par $\omega(s_n)$ l'intervalle d'oscillation de s, soit $\overline{\lim}_{n\to\infty} s_n - \underline{\lim}_{n\to\infty} s_n$.

(3) On trouve, par exemple, pour $s=8\sum_{\nu=0}^{n}(-1)^\nu(\nu+1)(\nu+r)$, que $\overline{\underline{\lim}}\, s_n^r = {}^{3}_{0}$, tandis que $\overline{\underline{\lim}}\, s_n^{(r)} = {}^{4}_{0}$.

sort donc comme cas spécial. La démonstration est faite à l'aide de trois lemmes.

Lemme A. — *Les limites supérieure et inférieure de la suite* $\{f_n\}$ *sont intérieures à celles de*

$$g_n = f_n + \frac{n}{\lambda}(f_n - f_{n-1}) \qquad (\lambda > 0).$$

On suit la marche de la démonstration du lemme donné dans une Note précédente [1], en faisant $\arg\lambda = 0$ et supprimant les modules. Pour prouver que $\overline{\lim} f_n \leqq \overline{\lim} g_n$, on peut prendre $\overline{\lim} g_n = 0$ sans restreindre la généralité. Donc la supposition $\overline{\lim} f_n > 0$ entraînerait que $\{f_n\}$ diminuât à partir d'un certain terme vers une limite l, qui devrait être o ou $-\infty$. Une pareille contradiction ressortirait de la supposition $\underline{\lim} f_n < \underline{\lim} g_n$.

Lemme B. — *Si les suites* $\{\sigma_n\}$ *et* $\{\tau_n\}$ *sont liées par la relation*

$$(1+p)\sigma_n = \tau_n + p\tau'_n = (1+p\mathfrak{I})\tau_n \text{ [2]} \qquad (p > 0),$$

alors on a

$$\omega(\sigma_n) \leqq \omega(\tau_n) \leqq (1+2p)\,\omega(\sigma_n). \tag{2}$$

La première égalité découle du fait que $\overline{\lim}\,\tau'_n \leqq \overline{\lim}\,\tau_n$ et que $\underline{\lim}\,\tau'_n \geqq \underline{\lim}\,\tau_n$, ce qui montre d'ailleurs que $\omega(\sigma_n)$ est contenu dans $\omega(\tau_n)$. Pour la seconde inégalité, on a recours au lemme précédent avec $f_n = \tau'_n$, $g_n = \sigma_n$ et $\lambda = 1+p$, tout en notant que $\tau_n = \tau'_n + n(\tau'_n - \tau'_{n-1})$. On en déduit que l'oscillation de τ'_n est intérieure à celle de σ_n et, par conséquent, que l'oscillation de $\tau_n = (1+p)\sigma_n - p\tau'_n$ est intérieure à celle de $(1+2p)\sigma_n$. Il est aisé d'obtenir par induction la généralisation suivante :

Si les suites $\{\sigma_n\}$ *et* $\{\tau_n\}$ *sont liées par la relation*

$$(1+p_1)(1+p_2)\ldots(1+p_{r-1})\sigma_n = (1+p_1\mathfrak{I})(1+p_2\mathfrak{I})\ldots(1+p_{r-1}\mathfrak{I})\tau_n,$$

où les p *sont* $\geqq 0$, *alors on a*

$$\omega(\sigma_n) \leqq \omega(\tau_n) \leqq (1+2p_1)(1+2p_2)\ldots(1+2p_{r-1})\,\omega(\sigma_n), \tag{3}$$

l'intervalle $\omega(\sigma_n)$ *étant intérieur à* $\omega(\tau_n)$.

Il est à noter que le premier signe d'égalité dans (2) est vérifié dans l'exemple suivant :

$$\tau_n = 0 \quad (n < e), \qquad \tau_n = (-1)^{[\log\log n]} \quad (n > e).$$

---

[1] *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1433.

[2] $\mathfrak{I}$ est évidemment un opérateur commutatif.

En effet, $\tau_\nu = 1$ pour

$$[e^{e^{2i}}] < \nu \leqq n_i = [e^{e^{2i+1}}] \qquad (i = 1, 2, \ldots),$$

et, par suite,

$$\frac{1}{2}(n_i+1)(\tau'_{n_i}+1) = \frac{1}{2}\sum_{\nu=0}^{n_i}(\tau_\nu+1) > [e^{e^{2i+1}}] - [e^{e^{2i}}] = n_i(1+\varepsilon_i),$$

où $\varepsilon \to 0$ avec $i \to \infty$. Alors on a $\overline{\lim}_{n\to\infty} \tau'_n \geqq \lim_{n\to\infty} \tau'_{n_i} = 1$, d'où l'on tire l'égalité, puisque $\overline{\lim}_{n\to\infty} \tau'_n \leqq \overline{\lim}_{n\to\infty} \tau_n = 1$. De plus, comme $\lim_{i\to\infty}(1+p)\sigma_{n_i} = 1+p$, on déduit $\overline{\lim}_{n\to\infty} \tau_n = 1$. Il en est de même avec les limites inférieures, qui sont égales à $-1^{(s)}$ (¹). Ainsi, on obtient $\omega(\sigma_n) = \omega(\tau_n) = 2$.

3. Lemme C :

$$(r+1)\mathfrak{J} s_n^r = (1 + r\mathfrak{J})s_n^{r+1} \qquad (r \geqq 1).$$

En effet, si s_n^r est la somme partielle de Cesàro de s_n d'ordre r, on a

$$(n+1)\mathfrak{J} s_n^r = \sum_{\nu=0}^{n} s_\nu^n = \sum_{\nu=0}^{n} \frac{s_\nu^r}{A_\nu^r} = \sum_{\nu=0}^{u} s_n^{r+1}\left(\frac{1}{A_\nu^r} - \frac{1}{A_{\nu+1}^r}\right) + \frac{S_{r+1}^n}{A_{n+1}^r}$$

$$= \frac{r}{r+1}\sum_{\nu=0}^{n}\frac{S_\nu^{r+1}}{A_\nu^{r+1}} + \frac{A_n^{r+1}}{A_{n+1}^r}s_n^{r+1} \qquad \left[A_\nu^r = \binom{\nu+r}{\nu}\right],$$

d'où découle la proposition énoncée. On démontre aisément par induction que

$$(4) \qquad r!\, s_n^{(r)} = (1+\mathfrak{J})(1+r\mathfrak{J})\ldots[1+(r-1)\mathfrak{J}]s_n^r \qquad (r \geqq 1).$$

Finalement, en appliquant à (4) les inégalités (2) avec s_n^r pour σ_n, s_n^r pour τ_n et $p_i = i$, on achève la démonstration de (I).

(¹) D'après un résultat (*Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1057), on a aussi

$$\overline{\lim}\, \tau_n'' = \overline{\lim}\, \tau_n = \ldots = \pm 1,$$

ce qui assure la possibilité des signes d'égalité entre les deux premiers termes de (3) et de (4). Quant aux inégalités complémentaires, j'ai des raisons de croire qu'elles sont susceptibles d'amélioration.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la formule d'inversion de M. Tambs Lyche.* Note de M. **Viggo Brun**, présentée par M. Hadamard.

M. Tambs Lyche a donné en 1927 une formule d'inversion remarquable ([1]). Soit $a(z)$ une fonction donnée, holomorphe à l'intérieur d'un cercle $|z| < \rho$, et admettant un développement taylorien

$$a(z) = z + a_2 z^2 + a_3 z^3 + \ldots + a_n z^n + \ldots.$$

On cherche la fonction inverse

$$A(z) = z + A_2 z^2 + A_3 z^3 + \ldots + A_n z^n + \ldots,$$

c'est-à-dire la fonction, holomorphe autour de $z = 0$, qui satisfait à l'équation

$$A[a(z)] = z$$

et qui se réduit à zéro pour $z = 0$. Désignons par $a_r(z)$ la fonction r fois itérée de $a(z)$

$$a_r(z) = z + \alpha_2(r) z^2 + \alpha_3(r) z^3 + \ldots + \alpha_n(r) z^n + \ldots,$$

où, par définition,

$$a_0(z) = z, \qquad a[a_{r-1}(z)] = a_r(z) \qquad (r = 1, 2, 3, \ldots),$$

M. Tambs Lyche a déterminé les coefficients cherchés A_n en leur donnant la forme suivante :

$$A_n = \sum_{r=1}^{n-1} (-1)^r \binom{n}{r+1} \alpha_n(r),$$

(n/s) désignant le coefficient de x^s dans la formule du binome $(1 + x)^n$. On peut donner à cette formule une forme plus condensée, en remarquant que

$$a_r^{(n)}(0) = n!\, \alpha_n(r),$$

où nous avons dérivé n fois la fonction $a_r(z)$. Nous en concluons

$$A_n = \sum_{r=1}^{n-1} (-1)^r \binom{n}{r+1} \frac{1}{n!} a_r^{(n)}(0);$$

([1]) *Une formule d'itération* (*Bulletin de la Soc. math. de France*, 55, 1927, p. 102).

d'où en particulier

$$A_2 = -\binom{2}{2}\frac{1}{2!}a''_0(0),$$

$$A_3 = -\binom{3}{2}\frac{1}{3!}a'''_1(0) + \binom{3}{3}\frac{1}{3!}a'''_2(0),$$

$$A_4 = -\binom{4}{2}\frac{1}{4!}a^{\text{IV}}_1(0) + \binom{4}{3}\frac{1}{4!}a^{\text{IV}}_2(0) - \binom{4}{4}\frac{1}{4!}a^{\text{IV}}_3(0),$$

$$A_5 = -\binom{5}{2}\frac{1}{5!}a^{\text{V}}_1(0) + \binom{5}{3}\frac{1}{5!}a^{\text{V}}_2(0) - \binom{5}{4}\frac{1}{5!}a^{\text{V}}_3(0) + \binom{5}{5}\frac{1}{5!}a^{\text{V}}_4(0),$$

$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots$$

En observant que, d'après la formule de Maclaurin,

$$a''_1(z) = a''_1(0) + a'''_1(0)\frac{z}{1!} + a^{\text{IV}}_1(0)\frac{z^2}{2!} + \dots,$$

$$a'''_2(z) = a'''_2(0) + a^{\text{IV}}_2(0)\frac{z}{1!} + a^{\text{V}}_2(0)\frac{z^2}{2!} + \dots,$$

$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots,$$

on obtient

$$A(z) = z - \frac{z^2}{2!}a''_1(z) + \frac{z^3}{3!}a'''_2(z) - \frac{z^4}{4!}a^{\text{IV}}_3(z) + \dots$$

ou bien, en écrivant $a_{-1}(z)$ au lieu de $A(z)$,

$$\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^n\frac{z^n}{n!}a^{(n)}_{n-1}(z) = 0.$$

On voit que cette formule d'inversion se sert seulement de l'opération de l'itération de la fonction donnée $a(z)$ et de la dérivation des fonctions obtenues.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur une condition jouant un rôle important dans la topologie des espaces abstraits.* Note [1] de M. **Antoine Appert**, présentée par M. Émile Borel.

I. Il est remarquable qu'un grand nombre des propriétés des espaces euclidiens s'étendent aux espaces très généraux considérés par M. Fréchet, en particulier aux espaces accessibles et aux espaces ($\mathcal{V}$). Mais pour plu-

[1] Séance du 20 juin 1932.

sieurs d'entre elles, de sérieuses complications s'introduisent quand on se place dans l'espace ($\mathcal{V}$) le plus général. Ces complications ont été signalées par M. Fréchet lui-même dans son livre intitulé *Les espaces abstraits* (Paris, Gauthier-Villars, 1928, p. 193-195 et p. 230).

Le but de cette Note est de montrer que par l'introduction d'une condition nouvelle (que j'ai appelée la condition α), on peut d'une part éviter ces complications, et d'autre part étendre ces propriétés des espaces accessibles à des espaces plus généraux d'une définition très simple.

II. J'étudie les espaces que M. Fréchet appelle espaces ($\mathcal{V}$). Dans un tel espace, on considère une opération $E' = K(E)$ faisant correspondre a chaque ensemble E un ensemble E′ bien déterminé. L'ensemble E′, qui peut être vide, est par définition le dérivé de E ou encore l'ensemble des points d'accumulation de E. On aura un espace ($\mathcal{V}$) si la condition suivante est remplie.

Il est possible d'associer à chaque point a une famille (V_a) d'ensembles V_a appelés les voisinages de a de telle manière que la condition nécessaire et suffisante pour qu'un point a soit point d'accumulation d'un ensemble E est que chaque V_a contienne au moins un point de E distinct de a.

Nous supposons de plus, ce qui n'a aucun inconvénient, que chaque point appartient à tous ses voisinages. Rappelons en outre qu'un point a est intérieur à un ensemble E s'il existe un voisinage de a appartenant entièrement à E.

Je considère particulièrement les espaces ($\mathcal{V}$) vérifiant la condition suivante que j'appelle *la condition* α:

α. *Tout ensemble de fermeture est fermé.*

Rappelons que l'ensemble de fermeture d'un ensemble E est $E + E'$.

III. Il est intéressant de constater que *cette condition* α *équivaut dans l'espace* ($\mathcal{V}$) *le plus général à l'une quelconque des trois conditions suivantes :*

α_1. L'intérieur d'un ensemble quelconque est ouvert.

α_2. Pour tout point a et tout voisinage V_a de a, il existe un voisinage W_a de a tel que, pour tout point b de W_a, il existe un voisinage V_b de b appartenant entièrement à V_a.

α_3. On peut, sans altérer l'opération de dérivation dans l'espace ($\mathcal{V}$) considéré, y adopter des voisinages qui soient tous ouverts.

Cette condition α est tout à fait distincte de la condition suivante étudiée par M. Fréchet :

β. *Tout ensemble dérivé est fermé.*

Il existe en effet des espaces ($\mathcal{V}$) vérifiant α sans vérifier β, et il existe des espaces ($\mathcal{V}$) vérifiant β sans vérifier α.

La condition α est vérifiée dans presque tous les espaces abstraits importants considérés jusqu'ici (espaces accessibles de M. Fréchet, espace de

Hausdorff, espaces distanciés, etc.), mais la classe des espaces ($\mathfrak{V}$) vérifiant α est beaucoup plus générale.

J'ai pu étendre aux espaces ($\mathfrak{V}$) vérifiant α un grand nombre de propriétés d'espaces moins généraux; je vais en indiquer quelques-unes.

IV. Adoptons maintenant les deux définitions suivantes inspirées de M. E. W. Chittenden [*Nuclear and hyper-nuclear points in the theory of abstract sets* (*Bull. Amer. math. Society*, 30, 1924, p. 514 et 516)].

Un point a est point d'*accumulation maximée* d'un ensemble e si, pour tout ensemble I_a auquel a est intérieur, la partie commune à e et à I_a a même puissance que e.

Un point a est point d'*accumulation hypermaximée* d'un ensemble e si, pour tout ensemble I_a auquel a est intérieur, la partie commune à e et à l'intérieur de I_a a même puissance que e.

Rappelons aussi que :

Un ensemble E ést *parfaitement compact en soi* si, pour tout sous-ensemble infini e de E il existe un point a de E qui soit point d'accumulation hypermaximée de e.

Une famille $\mathcal{F}$ d'ensembles *couvre* l'ensemble E si chaque point de E est intérieur à l'un au moins des ensembles de $\mathcal{F}$.

Un ensemble E possède la *propriété de Borel-Lebesgue* si chaque famille $\mathcal{F}$ d'ensembles couvrant E contient une sous-famille formée d'un nombre fini d'ensembles et couvrant E.

Une famille $\mathcal{F}$ d'ensembles est *monotone* si étant donnés deux ensembles quelconques de $\mathcal{F}$ il y en a toujours un qui est un sous-ensemble de l'autre.

Nous dirons enfin qu'un ensemble E possède la *propriété cantorienne généralisée* si, pour toute famille monotone $\mathcal{F}$ de sous-ensembles non vides de E, il existe au moins un point de E commun à tous les ensembles de $\mathcal{F}$ ou un point de E commun aux dérivés de tous les ensembles de $\mathcal{F}$.

V. On a alors les deux théorèmes suivants :

Dans un espace ($\mathfrak{V}$) *vérifiant* α, *il y a identité entre les points d'accumulation maximée et hypermaximée.*

Mais cette identité ne subsiste pas dans l'espace ($\mathfrak{V}$) le plus général.

A. *Dans un espace* ($\mathfrak{V}$) *vérifiant* α, *il y a identité entre la classe des ensembles parfaitement compacts en soi, la classe des ensembles possédant la propriété de Borel-Lebesgue et la classe des ensembles jouissant de la propriété cantorienne généralisée.*

Pour montrer en quoi consiste la simplification apportée ici, précisons que dans l'espace ($\mathfrak{V}$) le plus général subsistent les propositions suivantes.

Il y a identité entre la classe des ensembles parfaitement compacts en soi et la classe des ensembles possédant la propriété de Borel-Lebesgue.

(Ce théorème est dû à M. Chittenden, Mémoire cité p. 517.)

Tout ensemble parfaitement compact en soi possède la propriété cantorienne généralisée. Mais la réciproque de cette dernière proposition n'est pas vraie.

VI. On obtient des résultats analogues si dans notre définition d'un ensemble E parfaitement compact en soi, nous ne considérons que les sous-ensembles *dénombrables e* de E, et si dans nos définitions de la propriété de Borel-Lebesgue et de la propriété cantorienne généralisée nous considérons seulement les familles $\mathfrak{F}$ *dénombrables*.

Le théorème A *reste alors vrai avec nos définitions ainsi modifiées.*

Ici encore, en admettant ces nouvelles définitions, les identités énoncées dans le théorème A ne subsistent que partiellement dans l'espace ($\mathfrak{V}$) le plus général.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la relation entre les directions de Borel de certaines fonctions entières et les singularités des fonctions analytiques.* Note de M[lle] **M. L. Cartwright**, présentée par M. Émile Borel.

$f(z) = \Sigma a_n z^n/n!$ étant une fonction entière d'ordre 1 et du type moyen, posons

$$h(\theta) = \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\log|f(re^{i\theta})|}{r}.$$

La série $\varphi(z) = \Sigma a_n z^n$ a un rayon de convergence fini et $h(\theta)$ est déterminée par le polygone de Borel de $\varphi(z)$. Il a été suggéré (¹) que les demi-droites joignant l'origine aux sommets (²) du polygone de Borel de $\varphi(z)$ sont des directions de Borel de $f(z)$. Ce n'est pas vrai en général. J'ai en effet construit dans ma Note précédente (³) une fonction $f(z)$ telle que

$$(1)\quad \begin{cases} h(\theta) = \cos\left(\theta + \frac{1}{2}\pi\right) & \text{si} \quad -\frac{3}{4}\pi \leqq \theta \leqq 0, \\ h(\theta) = 1 & 0 \leqq \theta \leqq \frac{1}{2}\pi, \\ h(\theta) = \cos\left(\theta - \frac{1}{2}\pi\right) & \frac{1}{2}\pi \leqq \theta \leqq \frac{5}{4}\pi, \end{cases}$$

(¹) Voir V. Bernstein, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 350-353, et G. Valiron, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1305-1307.

(²) Par sommet il faut entendre tout point qui n'est pas à l'intérieur d'un côté rectiligne.

(³) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2120-2122. Dans le théorème II de cette Note, il faut lire $|\arg z| < \frac{1}{2}\pi/\rho$ au lieu de $|\arg z| \leqq \frac{1}{2}\pi/\rho$.

et ne possédant aucune direction de Julia, et *a fortiori* aucune direction de Borel pour laquelle on aurait $0 < \arg z < \pi/2$. Pourtant, il suffit de (1) que l'arc $|z| = 1$, $0 < \arg z \leqq \pi/2$ est une partie du polygone de Borel de $\varphi(z)$ et que, par suite, chaque point de cet arc est un sommet.

Cet exemple, qui montre que le théorème suggéré n'est pas exact, peut d'ailleurs être modifié de façon à obtenir d'autres polygones, pourvu que les sommets considérés ne soient pas à l'infini.

Cependant, on peut donner diverses propositions reliant les directions de Borel de $f(z)$ aux directions des sommets du polygone de Borel de $\varphi(z)$. Ce sont des conséquences des propriétés de $h(\theta)$ données dans mes Notes précédentes [1] ou d'autres propositions obtenues par les mêmes méthodes

Théorème I. — *Si* $\varphi(z)$ *n'a pas de singularités pour lesquelles* $|\arg z| > \alpha$ *avec* $\alpha < \pi/2$, $f(z)$ *n'a pas de directions de Borel d'espèce maximum pour lesquelles* $|\arg z| > \alpha + \pi/2$. *Si, en outre,* $\varphi(z)$ *a des singularités pour* $\arg z = \pm\alpha$, *les directions* $\arg z = \pm(\alpha + \pi/2)$ *sont des directions de Borel d'espèce maximum.*

Dans ce cas, les points du polygone de Borel pour lesquels $|\arg z| > \alpha + \pi/2$ sont à l'infini et le polygone a deux sommets à l'infini dans les directions $\arg z = \pm(\alpha + \pi/2)$.

Théorème II. — *Si* $\varphi(z)$ *n'a pas de singularités en dehors de l'axe réel,* $f(z)$ *n'a pas d'autres directions de Borel d'espèce maximum que* $\arg z = \pm\pi/2$ *et inversement.*

Dans ce cas, le polygone de Borel est formé de deux parallèles, les sommets sont à l'infini, et le théorème pressenti est vrai.

Théorème III. — *Si* $z = e^{i\alpha}$ *est une singularité qui détermine un côté du polygone de Borel de* $\varphi(z)$, $f(z)$ *admet des directions de Borel d'espèce maximum pour lesquelles* $\alpha - \pi/2 \leqq \arg z < \alpha$, $\alpha < \arg z \leqq \alpha + \pi/2$. *En particulier, si* $|z| = 1$ *est une ligne singulière pour* $\varphi(z)$, $f(z)$ *a au moins quatre directions de Borel d'espèce maximum.*

Dans ce dernier cas, $f(z)$ peut n'avoir que quatre directions de Julia.

Théorème IV. — $n(r)$ *désignant le nombre des zéros de* $f(z)$ *pour* $|z| \leqq r$, *si lorsque* $r \to \infty$,

$$(2) \qquad n(r) \sim \mathrm{H}r \quad \text{avec} \quad \mathrm{H} = \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{+\pi} h(\theta)\,d\theta \quad [2],$$

---

[1] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1718-1720, 1889-1892, 2120-2122.

[2] Comparer, M. L. Cartwright, *Proc. London math. Soc.*, 2e série, 33, 1931, p. 213.

les droites joignant l'origine aux sommets du polygone de Borel de $\varphi(z)$ sont des directions de Borel d'espèce maximum et il n'y en a pas d'autres. En outre, si le polygone de Borel n'a pas de côté à l'infini, $f(z)$ n'a de valeurs exceptionnelles dans aucune de ces directions.

Si l'on pose

$$N(r)=\int_0^r \frac{n(u)}{u}\,du,$$

on a $\overline{\lim}\, N(r)/r \leqq H$. Si (2) est vérifiée, on a $N(r) \sim Hr$ et $f(z)$ a son maximum de zéros. Si $N(r) < (H-\delta)r$, avec $\delta > 0$, pour $r > r_0(\delta)$, on peut dire que $f(z)$ est *déficient relativement à* H. Pour tout $\delta > 0$, on peut construire une fonction pour laquelle $\overline{\lim}\, N(r)/r = H-\delta$ et pour laquelle la conclusion du théorème IV est fausse.

Les types de singularités de $\varphi(z)$ pour lesquelles (2) est vérifié sont variés. En particulier, on a le résultat suivant :

THÉORÈME V. — *Si $\varphi(z)$ est régulière, sauf en des singularités isolées* [1], *dans un cercle $|z|=R$ contenant à son intérieur le polygone de Borel de $\varphi(z)$, les hypothèses du théorème* IV *sont vérifiées.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une manière d'engendrer des fonctions harmoniques multiformes dans l'espace ou le plan.* Note de MM. **Florin Vasilesco** et **Rolin Wavre**, présentée par M. Henri Villat.

Dans une Note précédente [2], M. P. Dive a donné un exemple de fonction harmonique multiforme dans l'espace admettant quatre courbes comme lignes de ramification. Une telle fonction s'obtient en prolongeant analytiquement le potentiel newtonien de deux homoïdes sphériques ou ellipsoïdaux homogènes et identiques, enfermant un espace commun, dont on a enlevé la couche commune.

On peut construire d'une manière plus simple de telles fonctions, présentant des singularités très variées données, grâce à la considération du *potentiel conducteur.*

Considérons, à cet effet, une fonction harmonique uniforme dans l'espace extérieur à un certain ensemble de points R, borné, et s'annulant à l'infini.

---

(1) Comparer avec les Notes citées de V. Bernstein et G. Valiron.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1901.

Supposons qu'une surface de niveau Σ de cette fonction $V(P)$, entoure complètement R. Soit k la valeur de $V(P)$ sur Σ. On sait que la fonction $V(P)/k$ est le potentiel conducteur de Σ (¹). La résolution d'un problème de Robin fournira la densité de la couche d'équilibre $\rho(M)$ sur Σ, dont $V(P)/k$ est le potentiel. Cela posé, considérons sur Σ une région S limitée par un ensemble de courbes Γ (²) et soit a la région restante. On a le résultat suivant :

Le potentiel $V_S^i(P)$ *de* S, *dû à la distribution* $\rho(M)$, *engendre une fonction harmonique multiforme si on la prolonge à travers* S, *admettant les lignes* Γ *comme lignes de ramification, comme période relative à ces lignes la fonction harmonique* $V/k - 1$ *et comme autres singularités celles de* $V(P)$ *dans* R. *Parmi ces singularités il peut y avoir des lignes de ramification.*

On remarque qu'en un point P extérieur à Σ on a

$$V_S(P) = V_\Sigma(P) - V_a(P) = \frac{V(P)}{k} - V_a(P).$$

Si l'on suit un chemin partant de P, traversant S et aboutissant en un point Q intérieur à Σ et extérieur à R, les fonctions du second membre se prolongent tout naturellement, de sorte qu'on arrive au point Q avec la valeur

$$\frac{V(Q)}{k} - V_a(Q) = \frac{V(Q)}{k} - [V_\Sigma(Q) - V_S(R)] = \frac{V(Q)}{k} - 1 + V_S(Q).$$

En continuant la route de Q à P sans toucher à Σ et à R (en sortant par a), les fonctions $V(Q)$ et $V_S(Q)$ reprennent leurs valeurs.

Si l'on essayait de faire la même chose en partant d'une surface régulière σ entourant R, on trouverait bien une double couche, sur elle, dont le potentiel extérieur serait $V(P)$, mais on trouverait en Q, au lieu de 1, le potentiel intérieur à Σ de cette double couche et l'on ne pourrait plus poursuivre le raisonnement de tout à l'heure. *La méthode précédente réussit donc grâce à la notion de potentiel conducteur.*

Pour nous rendre compte des singularités qu'on peut avoir, il n'y a qu'à particulariser $V(P)$.

a. Si $V(P)$ est le potentiel d'une masse unique concentrée en un point A,

---

(¹) Voir FLORIN VASILESCO, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 635.

(²) Il n'est pas nécessaire que S soit limitée par des courbes. Il suffit que sa frontière soit de mesure superficielle nulle.

Σ sera une sphère, $\rho(M)$ sera constant, S une portion de surface sphérique. On aura le point A comme pôle et une période unique.

b. Si $V(P)$ est le potentiel d'un nombre fini des masses concentrées aux points $A_1, \ldots, A_n$, on aura ces points comme pôles et une période unique.

c. Le potentiel d'une distribution linéaire homogène donnera cette ligne comme ligne sur laquelle la fonction multiforme deviendrait infinie.

On pourra prendre un ensemble de points de capacité non nulle et pour $V(P)$ son potentiel conducteur. La fonction multiforme aura cet ensemble comme singularités au voisinage desquelles elle serait bornée.

On peut multiplier les exemples à volonté.

Si l'on prenait pour $V(P)$ une fonction $V_s(P)$, on aurait d'autres lignes de ramification situées dans R et la première période serait elle-même multiforme.

Remarquons que ces fonctions harmoniques multiformes ont des périodes qui sont elles-mêmes des fonctions harmoniques. En ce sens, elles sont plus générales que certains potentiels cycliques de l'hydrodynamique dont les périodes sont des constantes.

On a des résultats analogues dans le plan.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la stabilité du mouvement général laminaire des fluides visqueux incompressibles.* Note [1] de M. **A. Rosenblatt.**

1. Envisageons le mouvement d'un liquide visqueux incompressible entre deux parois $y = 0$, $y = H$, animées de vitesses 0 et $U > 0$, et soit

$$u_0 = \frac{U}{H} y - K y (H - y), \tag{1}$$

$K < 0$ la vitesse, $u_0 = -\Psi_{0y}$. Posons

$$\Psi = \Psi_0 + \sum_1^\infty \varepsilon^k e^{-k \gamma \xi + \delta \tau} f_k(\eta), \tag{2}$$

en introduisant les grandeurs sans dimension,

$$\left\{ \begin{aligned} &\xi = \frac{x}{H}, \quad \eta = \frac{y}{H}, \quad \tau = \frac{U}{H} t, \quad \gamma = \lambda H, \\ &\partial = \frac{\mu H}{U}, \quad R = \frac{UH}{\nu}, \quad M = -\frac{KH^3}{\nu}. \end{aligned} \right. \tag{3}$$

[1] Séance du 20 juin 1932.

Posons

$$\varphi_k(\eta) = f''_k(\eta) + k^2\gamma^2 f_k(\eta), \tag{4}$$

on aura les équations

$$\varphi''_k + \varphi_k\{k^2\gamma^2 + kR\delta + k\gamma[(R+M)\eta - M\eta^2]\} + 2Mk\gamma f_k = \frac{1}{\nu}\sum_{\substack{l,m=1,\ldots,k-1\\ l+m=k}} \gamma[-lf_l\varphi'_m + m\bar{f}'_l\varphi_m] = D_k(\eta). \tag{5}$$

En introduisant les nouvelles variables indépendantes

$$z_k = \sqrt[3]{\frac{k\gamma}{4M^3}}[R + M(1-2\eta)], \tag{6}$$

on obtient, pour déterminer les $\bar{f}_k(z_k) = f_k(\eta)$ des équations de M. Volterra,

$$\bar{f}_k(z_k) + s_k\int_{z_k^0}^{z_k} \bar{f}_k[\bar{\varphi}_{k1}(\tau)\,I^1_{k2}(\tau, z_k) - \bar{\varphi}_{k2}(\tau)\,I^1_{k1}(\tau, z_k)]\,d\tau = u_k(z_k), \tag{7}$$

où $\bar{\varphi}_{ki}$ sont deux intégrales de déterminant un de l'équation de Weber

$$y'' + \left(g_k^2 - \frac{1}{2}z_k^2\right)y = 0, \tag{8}$$

$$g_k = \frac{\sqrt{-d_k}}{\sqrt[3]{4M^3k^3\gamma^3}}, \qquad d_k = -\frac{1}{4}k\gamma\{4k^2\gamma^2 + k[4MR\delta + \gamma(R+M)^2]\},$$

$$s_k = \sqrt[3]{\frac{M}{4k^3\gamma^3}},$$

$$I^j_{ki}(\alpha, \beta) = \int_\alpha^\beta \begin{Bmatrix}\sin\\ \cos\end{Bmatrix} \bar{g}_k(\beta - u)\,\bar{\varphi}_{ki}(u)\,du \qquad (i, j = 1, 2), \tag{9}$$

$$\bar{g}_k = \sqrt[3]{\frac{k^3\gamma^3}{4M}}.$$

On a

$$u_k(z_k) = L_k(z_k) + \int_{z_k^0}^{z_k} \bar{f}_k(\tau)\,C_k(\tau, z_k)\,d\tau, \tag{10}$$

$L_k(z_k)$, $C_k(\tau, z_k)$ étant des fonctions données, C_k de la forme

$$C_k = \sum_1^2 a_{ki}(\tau)\,b_{ki}(z_k). \tag{11}$$

2. L'étude du système (7) conduit au résultat suivant :

Théorème. — *Supposons que* $\gamma > 0$, $\delta > 0$ *soient racines de l'équation*

transcendante

$$D_1 \equiv \begin{vmatrix} 1+\alpha_{111} & \alpha_{112} \\ \alpha_{121} & 1+\alpha_{122} \end{vmatrix} = 0, \tag{12}$$

et que ces racines n'annulent aucune des fonctions $k > 1$

$$D_k \equiv \begin{vmatrix} 1+\alpha_{k11} & \alpha_{k12} \\ \alpha_{k21} & 1+\alpha_{k22} \end{vmatrix}, \tag{13}$$

où l'on a

$$\alpha_{kij} = -\int_{z_k^0}^{z_k^1} a_{ki}(\tau)\, c_{kj}(\tau)\, d\tau, \tag{14}$$

où l'on a

$$c_{ki}(\tau) = b_{ki}(\tau) + \int_{z_k^0}^{\tau} S'_k(\tau, u)\, b_{ki}(u)\, du, \tag{15}$$

S'_k étant le noyau résolvant de l'équation (7). Les D_k tendent vers 1 lorsque k croît indéfiniment. Supposons de plus qu'aucune des expressions

$$\Delta_k(z_k^0, z_k^1) = I_{k1}^1(z_k^0, z_k^1)\, I_{k2}^2(z_k^0, z_k^1) - I_{k2}^1(z_k^0, z_k^1)\, I_{k1}^2(z_k^0 z_k^1), \tag{16}$$

$k \geqq 1$ ne s'annule et que M et R^2 : M soient plus petits qu'un nombre positif qui ne dépend que de ∂/γ. Pour k suffisamment grand $k^{\frac{1}{4}}\Delta_k$ est contenu entre deux limites positives fixes.

Dans ces conditions les séries (2) existent et sont convergentes absolument et uniformément avec toutes leurs dérivées pour $x \geqq 0$, $t \geqq 0$ et donnent des perturbations du mouvement laminaire quadratique (1).

AVIATION. — *Relation entre rayon d'action et la vitesse au départ.* Note [1] de M. **Gustave André Mokrzycki.**

Nous admettons le parcours horizontal, à altitude constante, et à angle d'attaque constant. Le poids P de l'avion variant pendant le vol selon :

$$-dP = \frac{cW}{3600}\, dt \tag{1}$$

(c, consommation du combustible par cheval-heure ; W, la puissance en CV;

---

[1] Séance du 20 juin 1932.

t, temps), la vitesse horizontale v varie aussi pendant le vol selon la formule

$$(2)\qquad v=\left(\frac{2P}{S\rho c_z}\right)^{0,5}$$

(S, surface; ρ, densité de l'air; c_z, coefficient de portance). La formule connue :

$$(3)\qquad 75\eta W=\frac{c_x}{c_z}Pv$$

(η, rendement; c_x, coefficient de traînée), avec (1) et (2), donnent

$$-270000\frac{\eta}{c}\frac{dP}{dt}=\frac{c_x}{c_z}P^{1,5}\left(\frac{2}{S\rho c_z}\right)^{0,5},$$

$$(4)\qquad dt=-270000\frac{c_z}{c_x}\frac{\eta}{c}\left(\frac{S\rho c_z}{2}\right)^{0,5}P^{-1,5}dP.$$

L'intégrale et (2) montrent que la vitesse varie avec le temps selon l'hyperbole

$$(5)\qquad t=540000\frac{\eta}{c}\frac{c_z}{c_x}\left(\frac{S\rho c_z}{2P}\right)^{0,5}+\text{const.}=540000\frac{\eta}{c}\frac{c_z}{c_x}\frac{1}{v}+\text{const.}$$

En intégrant (4) entre le poids au départ P_0 et à la fin du vol P_0-C (C poids du combustible emporté), on obtient le temps total du parcours :

$$(6)\qquad T=540000\frac{\eta}{c}\frac{c_z^{1,5}}{c_x}\left(\frac{S\rho}{2}\right)^{0,5}\left[\frac{1}{(P_0-C)^{0,5}}-\frac{1}{P_0^{0,5}}\right].$$

Selon (2), on a pour la vitesse après départ v_d et à la fin du vol v_f,

$$(2a)\qquad v_d=\left(\frac{2P_0}{S\rho c_z}\right)^{0,5},\qquad v_f=\left[\frac{2(P_0-C)}{S\rho c_z}\right]^{0,5}.$$

Or (2a) et (6) donnent

$$(6a)\qquad T=540000\frac{\eta}{c}\frac{c_z}{c_x}\left(\frac{1}{v_f}-\frac{1}{v_d}\right).$$

Posons (2) et (4) dans $dR=v\,dt$ (R la distance franchie), et intégrons entre P_0 et P_0-C. On arrive à la formule connue pour le rayon d'action

$$(7)\qquad R=270000\frac{\eta}{c}\frac{c_z}{c_x}\,\text{Ln}\,\frac{P_0}{P_0-C}.$$

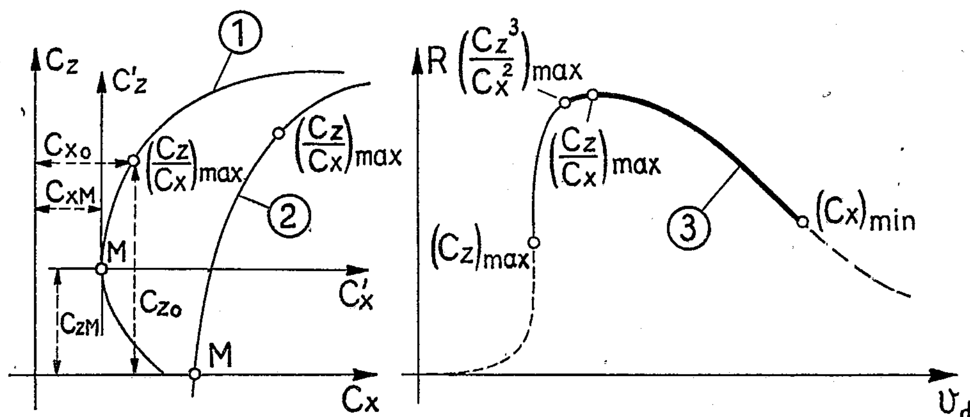
Avec (2a) on a

$$(7a)\qquad R=540000\frac{\eta}{c}\frac{c_z}{c_x}\,\text{Ln}\,\frac{v_d}{v_f}.$$

Nous voulons en pratique franchir, avec le même poids du combustible, la plus grande distance avec la plus grande vitesse moyenne, laquelle se tire de (6a) et (7a) :

$$v_m = \frac{R}{T} = \frac{v_d v_f}{v_d - v_f} \operatorname{Ln} \frac{v_d}{v_f}. \tag{8}$$

Mais, comme la vitesse moyenne pour le vol à angle d'attaque constant est déterminée par la vitesse au départ et le poids du combustible emporté



C(2a), on peut chercher la relation entre le rayon d'action et la vitesse au départ pour C = const. Pour faire ce calcul, remplaçons la polaire entre $c_z = 0$ et $(c_z/c_x)_{\max}$ par une parabole passant par un point optimum (c_{z0}, c_{x0}) et ayant le sommet $M(c_{zM}, c_{xM})$ en $(c_x)_{\min}$, en cas d'une polaire de type 1 (voir la figure) ou en $c_z = 0$ dans le cas d'une polaire de type 2 $(c_{zM} = 0)$. Traçons par M les axes parallèles en c'_x et c'_z. L'équation de la parabole s'écrit $c'_x = a c'^2_z$. La transformation donne l'équation pour les axes c_x et c_z

$$c_x = c_{xM} + a(c_z - c_{zM})^2. \tag{9}$$

d'où, pour le point optimum (c_{x0}, c_{z0}),

$$a = \frac{c_{x0} - c_{xM}}{(c_{z0} - c_{zM})^2}, \tag{10}$$

les équations (2a) et (9) donnent

$$c_x = c_{xM} + a\left(\frac{2P_0}{S\rho v_d^2} - c_{zM}\right)^2. \tag{11}$$

Nous tirons de (2a), (7) et (11)

$$R = 270000 \frac{\eta}{c} \left(\text{Ln} \frac{P_0}{P_0 - C} \right) \frac{\frac{2 P_0}{S \rho v_d^2}}{c_{xM} + a \left(\frac{2 P_0}{S \rho v_d^2} - c_{zM} \right)^2}.$$

En posant $b = 2 P_0/\rho S$, on a

$$R = 270000 \frac{\eta}{c} \left(\text{Ln} \frac{P_0}{P_0 - C} \right) \frac{\frac{b}{v_d^2}}{\frac{ab^2}{v_d^4} - \frac{2abc_{zM}}{v_d^2} + (c_{xM} + ac_{zM}^2)},$$

(12)
$$R = \frac{270000 \frac{\eta}{c} b \, \text{Ln} \left(\frac{P_0}{P_0 - C} \right)}{(c_{xM} + ac_{zM}^2) v_d^2 + \frac{ab^2}{v_d^2} - 2abc_{zM}}.$$

La courbe $R = f(v_d)$ donnée par (12) pour $C =$ const. est représentée par la figure (3). Intéressant est l'intervalle entre $(c_z^3/c_x^2)_{max}$ et $(c_x)_{min}$. La courbe monte, atteint un maximum (qui doit être aplati, si nous ne voulons pas diminuer beaucoup R en augmentant la vitesse du vol) et suit une branche descendante.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le problème des n corps à masses variables traité à partir de l'égalité de M. Levi-Civita.* Note de M. **M. Mendes**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Dans deux Notes antérieures [1] j'ai indiqué quelques propriétés du problème des *n* corps à masses variables traité au moyen de l'égalité

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}.$$

Dans celle-ci je me propose de donner des résultats analogues concernant le même problème traité à partir de l'égalité $d/dt(\overrightarrow{mv}) = \vec{F}$.

Les équations du mouvement sont dans ce cas

$$\frac{d}{dt}\left(m_i \frac{dx_i}{dt} \right) = \frac{\partial U}{\partial x_i} \cdots \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

---

[1] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 597 et 1794.

Elles admettent les intégrales premières

$$\sum_{i=1}^{n} m_i \frac{dx_i}{dt} = \text{const.}, \quad \ldots,$$

$$\sum_{i=1}^{n} m_i \left(y_i \frac{dx_i}{dt} - x_i \frac{dy_i}{dt} \right) = \text{const.} \quad \ldots.$$

2. Le problème des n corps à masses variables se ramène au problème à masses fixes dans le cas où $m_i = \mu_i/\sqrt{t+a}$ par le changement de variables

$$\frac{\xi_i}{x_i} = \frac{\eta_i}{y_i} = \frac{\zeta_i}{z_i} = \frac{1}{(t+a)^{\frac{3}{2}}}, \qquad \frac{d\tau}{dt} = \frac{1}{(t+a)^{\frac{3}{2}}}.$$

3. Si l'on prend pour variables les coordonnées x_i, y_i, z_i et les composantes p_i, q_i, r_i de la quantité de mouvement des points du système, les équations du problème sont

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dx_i}{dt} &= \frac{p_i}{m_i}, \\ \frac{dp_i}{dt} &= m_i \sum_{j \neq i} m_j \frac{x_j - x_i}{r_{ij}^3}, \quad \ldots. \end{aligned} \right.$$

Supposons que les masses soient des fonctions holomorphes du temps dans l'intervalle $(-\infty, +\infty)$; soient μ' une limite supérieure pour chacune d'elles, μ une limite supérieure de leur somme, ν une limite inférieure pour chacune d'elles, que nous supposerons différente de zéro.

Si pour $t = t_0$ les x_i, y_i, z_i, p_i, q_i, r_i sont finies et vérifient les inégalités

$$r_{ij}^0 \geqq 14\lambda > 0 \quad \text{et} \quad |p_i^0|, \; |q_i^0|, \; |r_i^0| < \rho\nu,$$

les équations données admettent un système de solutions développables en séries suivant les puissances de $t - t_0$ et prenant à l'instant t_0 les valeurs initiales données.

Une limite inférieure des rayons de convergence de ces séries est la quantité

$$\tau = \frac{-2\lambda^2\nu\rho + 2\lambda\sqrt{\lambda\nu(\lambda\nu\rho^2 + \mu\mu')}}{\mu\mu'}.$$

On déduit de là que le mouvement ne peut cesser d'être régulier à un instant t_1 que si la plus petite des distances r_{ij} ou la plus petite des masses a zéro pour limite inférieure lorsque t tend vers t_1.

4. Si les masses sont de la forme $m_i = \mu_i + \varepsilon_i(t)$, les μ_i étant des nombres fixes positifs et les $\varepsilon_i(t)$ des infiniment petits d'ordre supérieur à un pour les très grandes valeurs du temps, la méthode des approximations successives permet de déduire de toute solution du problème à masses fixes μ_i dans laquelle les distances mutuelles sont des infiniment grands d'ordre au moins égal à 2/3, une solution du problème à masses variables asymptote, et réciproquement.

5. Les équations du mouvement peuvent se mettre sous la forme canonique

$$\frac{dx_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial p_i}, \qquad \frac{dp_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial x_i}, \qquad \ldots, \qquad \text{où} \quad H = T - U.$$

Si l'on savait intégrer le problème ordinaire des n corps, la méthode de Lagrange généralisée permettrait, au moyen de ces équations, d'intégrer le problème à masses variables par l'intermédiaire des équations

$$\sum_{k=1}^{6n} [c_k, c_l] \frac{dc_k}{dt} + \sum_{k=1}^{n} [m_k, c_l] \frac{dm_k}{dt} = 0 \qquad (l = 1, 2, \ldots, 6n).$$

On en déduit la possibilité en général de choisir les masses en fonctions du temps pour que les trajectoires soient situées chacune sur une surface donnée à l'avance.

6. Les équations du mouvement relatif du corps M_i par rapport à l'un des corps M_0 sont de la forme

$$\left\{\begin{aligned} \frac{dx_i}{dt} &= \frac{\partial(H - R_i)}{\partial x'_i}, \\ \frac{dx'_i}{dt} &= -\frac{\partial(H - R_i)}{\partial x_i} - \frac{m'_i}{m_i} \frac{\partial(H - R_i)}{\partial x'_i} + \left(\frac{m'_0}{m_0} - \frac{m'_i}{m_i}\right) \frac{d\xi_0}{dt}, \qquad \ldots, \end{aligned}\right.$$

et il faut adjoindre les équations qui fournissent le mouvement absolu de M_0 :

$$\frac{d^2\xi_0}{dt^2} + \frac{m'_0}{m_0} \frac{d\xi_0}{dt} = f \sum_{i=1}^{n} \frac{m_i x_i}{r_i^3}, \qquad \ldots.$$

On pourra appliquer encore la méthode de Lagrange généralisée à partir du système

$$\left\{\begin{aligned} \frac{dX_i}{dt} &= \frac{\partial H}{\partial X'_i}, \\ \frac{dX'_i}{dt} &= -\frac{\partial H}{\partial X_i}, \qquad \ldots, \end{aligned}\right.$$

auquel on adjoint les équations $d^2\xi_0/dt^2=0$, ..., ce qui amène à une théorie des perturbations analogue à la théorie classique, mais avec six équations de plus correspondant au mouvement absolu du corps central.

ASTRONOMIE. — *Solution générale du problème du rattachement de deux clichés l'un à l'autre.* Note ([1]) de M. **Sylvain Arend**, présentée par M. Ernest Esclangon.

I. Le problème général du rattachement de deux clichés l'un à l'autre se résout facilement dès qu'on fait appel à la géométrie projective et à une représentation paramétrique ponctuelle du système plan en coordonnées ternaires.

L'assimilation de la plaque objet et de la plaque repère à deux systèmes plans collinéaires P et P' est permise dès qu'on limite la correspondance à des aires conjuguées dont l'étendue dépend de phénomènes physiques différentiels bien connus. Dans ces conditions, si A et A', B et B', C et C', D et D' sont quatre couples de points (en l'occurrence quatre couples d'images stellaires) donnés dans les deux systèmes plans (sur les deux plaques) et pouvant être pris pour éléments fondamentaux de coordonnées ternaires dans ces deux formes (dans les deux clichés), les coordonnées ternaires des éléments courants X et X' de celles-ci satisfont aux équations ([2])

$$X'_1:X'_2:X'_3=X_1:X_2:X_3. \tag{1}$$

En représentant par N_{10}, N_{20}, N_{30} les coordonnées barycentriques d'un point O (objet) par rapport au triangle de référence ABC, et en faisant appel à la signification des coordonnées ternaires par rapport aux coordonnées du genre précité, les équations (1) s'écrivent

$$\frac{N'_{10}}{N'_{1d}}:\frac{N'_{20}}{N'_{2d}}:\frac{N'_{30}}{N'_{3d}}=\frac{N_{10}}{N_{1d}}:\frac{N_{20}}{N_{2d}}:\frac{N_{30}}{N_{3d}}, \tag{2}$$

desquelles on tire

$$N'_{10}:N'_{20}:N'_{30}=\frac{N_{10}}{N_{1d}}N'_{1d}:\frac{N_{20}}{N_{2d}}N'_{2d}:\frac{N_{30}}{N_{3d}}N'_{3d}. \tag{3}$$

Par conséquent, si l'on pose

$$\overline{D}_i=\frac{\overline{N}_i}{\overline{N}}=N_{i0}\frac{N'_{id}}{N_{id}}:\sum N_{i0}\frac{N'_{id}}{N_{id}}, \tag{4}$$

([1]) Séance du 13 juin 1932.

([2]) Ad. Mineur, *Géométrie projective*, 2, p. 12. (Cours de la Faculté des Sciences de l'Université libre de Bruxelles.) Paris, Librairie scientifique J. Hermann.

les coordonnées cherchées de l'objet s'expriment par les formules suivantes :

(5) $$X_0 = \sum \overline{D}_i X_i, \qquad Y_0 = \sum \overline{D}_i Y_i \qquad \text{pour } i = 1, 2, 3.$$

Pour vérifier les N_i, on dispose de plusieurs relations

(6) $$\sum N_{i0} = \sum N_{id} = N = \begin{vmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 \end{vmatrix},$$

(7) $$\sum N'_{id} = \sum N_{i0} \frac{N'_{id}}{N_{id}} = N' = \begin{vmatrix} X_2 - X_1 & Y_2 - Y_1 \\ X_3 - X_1 & Y_3 - Y_1 \end{vmatrix}.$$

Dans la réalité pratique, on aura plutôt

(7') $$\sum N_{i0} \frac{N'_{id}}{N_{id}} \backsimeq N',$$

c'est-à-dire que la relation d'égalité $\Sigma N'_{i0} = N'$ ne sera qu'approximative. Ce sera au calculateur de décider si l'approximation est suffisante, car elle constitue un critère de la valeur du rattachement.

Dans le cas particulier où la collinéation se réduit à une affinité, voire à une homothétie, ou, en langage astronomique, si les deux clichés pris avec deux astrographes de distances focales f_1 et f_2 ont le même centre, les coordonnées barycentriques sont proportionnelles aux carrés des distances focales, c'est-à-dire qu'on a

(8) $$\frac{N'_{id}}{N_{id}} = \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2.$$

Les formules (4) et (5) deviennent alors [1]

(9) $$D_i = \frac{N_i}{N} = N_{i0} : \Sigma N_{i0},$$

(10) $$X_0 = \Sigma D_i X_i, \qquad Y_0 = \Sigma D_i Y_i.$$

Ces dernières (10) peuvent d'ailleurs être établies immédiatement, car on sait que les points homologues de deux systèmes plans alliés ont les mêmes coordonnées barycentriques absolues dans deux triangles correspondants [2].

---

(1) Formules de Schlesinger (*Astronomical Journal*, **37**, x, 1926, p. 77) et de Wood et Comrie (*Journ. Brit. Astr. Assoc.*, **39**, 1929, p. 196 et 203).

(2) S. Arend, *Sur la détermination de positions photographiques précises d'astéroïdes, basée sur le principe de l'homographie* (*Comptes rendus du Congrès des Sciences tenu à Bruxelles du 29 juin au 2 juillet*, 1930, p. 468).

Pour rappeler que l'homothétie qu'on suppose exister entre les clichés astéroïde et repère n'est, en pratique, qu'approximativement réalisée, MM. Schlesinger et Comrie ont donné aux coordonnées barycentriques absolues D_i, qui figurent dans les équations (10), le nom spécial de dépendances; par extension, il sera naturel de dénommer les $\overline{D}_i$ des dépendances généralisées. Effectivement, ce sont des nombres qui indiquent la façon dont on fait dépendre les coordonnées standard de l'objet de celles des étoiles repères.

II. En explicitant les x_0 et y_0, coordonnées de l'objet, évaluées sur le cliché objet, les équations (5) et (10) deviennent respectivement celles de l'homographie générale et de l'homographie linéaire en coordonnées cartésiennes [1].

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Surfaces et volumes moléculaires dans les solutions superficielles. Interprétation et application à la détermination des masses moléculaires.* Note de M. **D. G. Dervichian**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avions, dans une Note précédente [2], relevé l'égalité des surfaces et des volumes moléculaires moyens en des points homologues de la courbe d'Andrews d'une part et d'autre part de celle représentant la détente d'un film monomoléculaire à la surface de l'eau.

Cette égalité assez approchée a été donnée pour six corps différents. L'écart entre les valeurs calculées et expérimentales paraît systématique et vient étayer l'interprétation générale du phénomène que nous donnons ici.

Interprétation. — Partant de l'hypothèse, introduite par Langmuir [3], des molécules orientées verticalement à la surface et nous inspirant de considérations analogues faites par Guyot [4] au sujet des dipôles, nous proposons l'interprétation suivante :

Au palier de saturation les molécules dressées verticalement et juxtaposées, donnent pour épaisseur au film leur longueur maximum et pour sur-

---

(1) S. Arend, *loc. cit.*, page 2, formules (4) et (1).

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2129.

(3) Langmuir, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 39, 1917, p. 1868.

(4) J. Guyot, *Thèse* n° 1821, Paris, 1924, p. 112.

face moléculaire une certaine section transversale. A mesure qu'on détend le film les molécules, sous l'effet de l'agitation thermique, peuvent s'écarter de plus en plus de la position verticale en fonction de la surface qui leur est offerte. La hauteur du volume statistique moyen d'habitation est la moyenne des projections verticales, l'arête ou le diamètre de la base, la moyenne des projections sur le plan horizontal.

Lorsque le prisme se résout à un cube, nous atteignons le point de vaporisation et les propriétés des molécules du film rappellent celles des liquides à trois dimensions. Au point de saturation, le film a la structure d'un corps smectique (¹), au point de vaporisation, celle d'un liquide. Pourtant la surface du liquide porteur intervenant, les molécules devraient être un peu plus dressées qu'elles ne le sont statistiquement en son absence. C'est bien encore ce que révèle l'écart systématique entre les valeurs mesurées et celles calculées. Plus la molécule est longue et peu compacte, plus l'écart est grand; les « épaisseurs » étant toujours plus grandes et les surfaces moléculaires plus petites que celles calculées. Pour la trioléine et la trilaurine — molécules relativement peu allongées, — l'écart est presque parfait. L'écart croît de la trilaurine à la tripalmitine dans le même sens que la longueur de la molécule.

Ces considérations théoriques nous permettent d'en tirer une application immédiate et compatible avec la technique des couches monomoléculaires en usage dans le laboratoire de M. J. Perrin (²).

Application à la détermination approchée de la masse moléculaire de substances susceptibles de donner des couches monomoléculaires. — Déposons à la surface du liquide une quantité QUELCONQUE de la substance étudiée représentant un nombre n inconnu de molécules-grammes. Soit $\mathfrak{S}$ la surface occupée par le film au point de vaporisation (molécules rassemblées par le souffle ou début du palier). En appelant σ la surface par molécule vraie, on a

$$\sigma = \mathfrak{S}/n\mathcal{N} \quad (1).$$

Détendons le film jusqu'à nous trouver franchement dans la région où la formule $PS = RT$ devient applicable. (S représentant la surface par molécule-gramme pour une pression P.)

Soit $\mathfrak{S}'$ la nouvelle surface. Nous avons de même $\mathfrak{S}' = nS$, d'où $n = \mathfrak{S}'/S$.

(¹) État *smectique* et non cristallin (voir G. FRIEDEL, *Ann. de Phys.*, 9ᵉ série, 18, 1922, p. 272).

(²) A. MARCELIN, *Les solutions superficielles* (*Recueil des conférences-rapports*), p. 77-78. Presses Universitaires de France, 1931.

Mais $S = RT/P$, donc $n = \mathcal{S}' P/RT$. En portant dans (1), nous trouvons en définitive :

$$\sigma = \frac{\mathcal{S}}{\mathcal{S}'} \cdot \frac{RT}{\mathcal{N} P}.$$

$\mathcal{S}$ a été mesuré une fois pour toute, $\mathcal{S}'$ et P peuvent l'être en autant de points qu'on le désire.

Or nous avons vu précédemment (1) que σ (surface par molécule vraie au point de vaporisation) diffère peu de la valeur calculée $s = (M/\mathcal{N} d)^{2/3}$. Cet écart est d'autant plus négligeable qu'il intervient dans le même sens tant dans la valeur de $\mathcal{S}$ que dans celle de $\mathcal{S}'$ et que ces deux nombres figurent par leur rapport.

En égalant donc les deux valeurs s et σ, on a la relation

$$\left(\frac{M}{\mathcal{N} d}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{\mathcal{S}}{\mathcal{S}'} \cdot \frac{RT}{\mathcal{N} P},$$

qui permet de trouver M sans aucune intervention de la masse de substance employée.

Appliqué à des mesures effectuées par M. J. Guastalla, ce calcul nous a donné pour la masse moléculaire de l'acide oléique 190 au lieu de 182.

Cette méthode pourrait présenter un intérêt en analyse microchimique. Elle permettrait d'identifier par leurs poids moléculaires des substances grasses à l'état de traces : des quantités de l'ordre de 10^{-7} à 10^{-6} gr suffisant pour constituer un film mesurable.

OPTIQUE. — *Sur les dispersions de biréfringences magnétiques anomales.* Note de MM. **René Lucas** et **Marcel Schwob**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude des propriétés optiques [pouvoirs rotatoires (2), absorption (3)] d'un certain nombre de corps actifs (dérivés tartriques, dérivés du camphre) avait conduit l'un de nous à émettre l'hypothèse suivante :

Les composés en question sont susceptibles d'exister (soit en solution, soit en phase liquide homogène) sous des formes monomoléculaires dis-

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2129.
(2) R. Lucas, *Ann. de Physique*, 10e série, 9, 1928, p. 381.
(3) R. Lucas et H. Schwob, *Journ. de Physique*, 7e série, 3, 1932, p, 43.

tinctes en équilibre, les facteurs de l'équilibre étant la nature du solvant, la concentration, la température et la pression.

Il était à prévoir que tout phénomène physique en dépendance étroite de la configuration des molécules serait particulièrement influencé par l'existence et les déplacements de ces équilibres. En particulier, de même qu'il existe des anomalies de dispersions rotatoires, on peut prévoir l'existence d'anomalies de dispersions de biréfringence électrique ou magnétique.

La plupart des corps ont des biréfringences qui suivent assez fidèlement la formule de Havelock ([1])

$$B = C\frac{(n^2-1)^2}{n\lambda},$$

B, constante de Kerr ou de Cotton-Mouton; n, indice de réfraction; λ, longueur d'onde de la lumière; C, constante.

Les anomalies de biréfringence se révéleront, soit par un écart très important avec la formule d'Havelock, soit même par un changement de signe de la valeur de la biréfringence, sous l'influence des solvants ou pour diverses longueurs d'onde.

Nous avons pu mettre en évidence ces anomalies, dans le cas des dispersions de biréfringence magnétique, en utilisant le grand électro-aimant de l'Académie des Sciences ([2]).

Les mesures ont porté sur des solutions de camphre racémique et de camphre droit. Dans ce dernier cas, le pouvoir rotatoire naturel a été compensé, en chaque point de la cuve, par une rotation magnétique égale et opposée pour les rayons lumineux servant à l'observation.

Cette rotation était obtenue en inclinant légèrement l'axe de la cuve de mesure par rapport au plan de symétrie du champ magnétique (très sensiblement uniforme) ([3]). La méthode de mesure utilisée était dans chaque cas la méthode de Chauvin.

([1]) Cette formule s'obtient en première approximation dans les théories des biréfringences.

([2]) Les champs utilisés (40000 gauss environ, avec des cuves de l'ordre de 20^{cm} de longueur) étaient indispensables pour faire des mesures précises, les rotations étant de l'ordre de 0,1 degré.

([3]) MM. Dupouy et Schérer ont montré avec des corps inactifs que dans ces conditions la valeur de la biréfringence n'est sensiblement pas modifiée (*Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1089).

Les solvants employés ont été : le tétrachlorure de carbone, le cyclohexane, l'acide formique et l'acide sulfurique pur. Les mesures faites avec le tétrachlorure n'ont pas eu à subir de correction car la biréfringence magnétique de ce corps est pratiquement nulle. Pour les autres solutions nous avons tenu compte de la biréfringence due au solvant [1].

Si l'on appelle β_J la rotation de l'analyseur lors de la mesure de la biréfringence magnétique du nitrobenzène pour la longueur d'onde 5780 Å et si β'_J, β'_V, β'_I sont les rotations correspondantes lors des mesures faites sur les solutions de camphre pour les longueurs d'onde 5780 Å, 5460 Å et 4358 Å (avec la même cuve et le même champ magnétique); si c est la concentration du camphre en grammes dans 100^{cm^3} de solution nous désignerons par b_s, b'_s, b''_s les rapports

$$b_s = \frac{\beta'_J \times 100}{\beta_J \times c}, \qquad b'_s = \frac{\beta'_V \times 100}{\beta_J \times c}, \qquad b''_s = \frac{\beta'_I \times 100}{\beta_J \times c}.$$

Les tableaux ci-dessous résument les résultats obtenus :

Solution dans CCl^4 *de camphre racémique.*

c.	b_s (λ = 5780 Å).	b'_s (λ = 5460 Å).	b'_s (λ = 4358 Å).
13,8	−0,049	−0,006	+0,11
4,46	−0,021	−0,012	0,00

Solutions de camphre droit λ = 5780 Å.

Solvants.	HCO^2H.	C^6H^{12}.	SO^4H^2.	CCl^4.
c	11,2	4	6,2	14,4
b_s	+ 0,18	+0,47	−0,25	− 0,052

Ces résultats indiquent :

1° L'existence d'une *dispersion anomale, en contradiction avec la formule d'Havelock;*

2° L'influence [déjà signalée [2]] de la *concentration* de la solution.

3° L'influence de la *nature du solvant*, qui peut faire *changer le signe* de la biréfringence, de même que l'on peut faire changer le signe du pouvoir rotatoire.

---

(1) Les résultats sont pratiquement les mêmes (en raison de la petitesse des biréfringences), que l'on utilise une simple loi de mélange ou une formule tenant compte des indices de réfraction des constituants.

(2) Cotton et Mouton, *Ann. de Physique*, 8e série, 30, 1913, p. 325.

L'ensemble de ces résultats paraît inexplicable si l'on n'admet pas l'existence, en solution, de molécules douées de biréfringences magnétiques de signes contraires.

Il y a analogie complète avec les dispersions rotatoires naturelles des solutions de ce même corps, ce qui suggère avec force la communauté de l'origine de ces anomalies (1).

Des phénomènes du même genre doivent aussi se présenter dans l'étude des biréfringences électriques de certaines solutions ou de liquides purs (des recherches sont actuellement en cours). Comme conséquence des idées exprimées ci-dessus il est à prévoir que ces mêmes corps ne doivent pas suivre les lois d'action de la température déduites des théories des biréfringences (Langevin, Born-Debye).

DIFFUSION MOLÉCULAIRE. — *Effet Cabannes-Daure et champ moléculaire.* Note de M. **A. Rousset**, présentée par M. Ch. Fabry.

I. Dans les spectres de diffusion moléculaire des liquides, la raie excitatrice est entourée d'un spectre continu d'intensité et d'étendue variables suivant les corps (effet Cabannes-Daure). Cette diffusion doit être attribuée au champ moléculaire (2), c'est-à-dire au champ envoyé sur la molécule centrale par les doublets des molécules intérieures à la sphère de Lorentz. Rocard (3) calcule la diffusion due au champ moléculaire en remarquant que chacun de ces doublets se compose d'un terme constant parallèle à la vibration lumineuse incidente qui donne le *champ moléculaire d'hétérogénéité* et d'un terme variable qui donne le *champ moléculaire d'anisotropie;* ce terme est dû à la partie anisotrope, orientée de façon quelconque, du moment de la molécule, et à la partie variable du champ, c'est-à-dire au champ moléculaire lui-même. Des formules de Rocard, j'ai tiré l'intensité de la diffusion due au champ moléculaire

$$R = \frac{13\pi^2}{2\eta\lambda^4}\frac{(\mu^2-1)^4}{(\mu^2+2)^2}\left[0,32\,\frac{R_1 T\beta n}{N} + \frac{1}{7}\,\frac{6\,\delta^2}{5+7\,\delta^2}\right]$$

---

(1) R. Lucas, *Ann. de Phys.*, 9, 10e série, 1928, p. 443.

(2) J. Cabannes et Y. Rocard, *Journal de Physique*, 10, 1929, p. 52.

(3) Y. Rocard, *Annales de Physique*, 10, 1928, p. 116; J. Cabannes, *La diffusion moléculaire de la lumière* (Paris, Presses Universitaires de France, 1929).

et la dépolarisation

$$\rho = \frac{6}{7}$$

(R, rapport entre l'intensité lumineuse diffusée latéralement par 1^{cm^3} de liquide et l'éclairement reçu; μ, indice du liquide pour la radiation de longueur d'onde λ; R_1, constante des gaz parfaits; T, température absolue; β, coefficient de compressibilité isotherme; δ, anisotropie moléculaire à l'état liquide; N, nombre d'Avogadro).

On voit que R *varie non seulement avec l'anisotropie* ([1]), *mais encore avec l'indice du liquide.*

II. L'étalement de cette lumière diffusée en un spectre continu est dû à la rapidité du déplacement des molécules sous l'effet de l'agitation thermique. L'étendue du spectre, dans le cas où le champ d'hétérogénéité existe seul (molécules isotropes), se calcule en fonction du déplacement moyen s d'une molécule à partir de sa position de structure isotrope et de sa vitesse moyenne. De l'expression de s donnée par Rocard, j'ai tiré pour la largeur du spectre

$$\Delta\nu^{cm^{-1}} = \frac{1}{c}\left(\frac{N\sigma}{2\pi \times 0,14 M\beta}\right)^{\frac{1}{2}}$$

(σ, diamètre d'une molécule; M, masse moléculaire; c, vitesse de la lumière). Pour le benzène et l'alcool on trouve :

$$\Delta\nu = 180 \text{ cm}^{-1}.$$

Les variations du champ moléculaires d'anisotropie vont remplacer chaque fréquence du spectre précédent par un spectre *dissymétrique* dont la largeur dépend des fréquences de rotation des molécules (25 cm^{-1} avec des moments d'inertie de l'ordre de $50 \times 10^{-40} \text{g} \times \text{cm}^2$ aux températures ordinaires). *La dissymétrie dans l'effet Cabannes-Daure doit donc s'observer seulement dans les liquides anisotropes.*

III. Pour vérifier ces vues théoriques, nous avons étudié les liquides suivants : benzène (fort indice et forte anisotropie), acide acétique (faible indice et forte anisotropie), tétrachlorure de carbone (fort indice et faible anisotropie), alcool éthylique (faible indice et faible anisotropie). Le calcul donne pour les valeurs *relatives* de R : 6,25, 1,89; 1,31 et 0,57.

La raie excitatrice était la raie 4047 Å de l'arc au mercure. Une forte

---

([1]) J. Weiler, *Zeitschrift für Physik*, 68, 1931, p. 782.

dispersion (6 Å au mm) et l'élimination de toute lumière parasite m'ont permis de mesurer correctement le fond continu jusqu'à moins de 5 Å de la raie diffusée sans changement de longueur d'onde. Toutes les précautions ont été prises pour la détermination précise du facteur de dépolarisation. Les clichés, étalonnés en intensité, ont été étudiés au microphotomètre enregistreur Zeiss.

J'ai obtenu les résultats suivants :

1° Le facteur de dépolarisation est égal à 6/7 pour les spectres continus de C^6H^6, CH^3CO^2H et CCl^4 (¹).

2° La répartition des intensités est la même pour tous les corps étudiés. Pour une même distance quelconque de la raie non changée de longueur d'onde, les intensités varient comme les nombres 6 (benzène), 2 (acide acétique), 1 (tétrachlorure de carbone), 0,6 (alcool éthylique).

3° La dissymétrie du spectre continu de part et d'autre de la raie excitatrice apparaît seulement dans le benzène et l'acide acétique.

La théorie du champ moléculaire explique donc l'étendue, l'état de polarisation et les variations d'intensité du spectre continu dans l'effet Cabannes-Daure.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Variation thermique du pouvoir rotatoire magnétique. Utilisation d'une cuve légèrement prismatique. Contribution à l'étude des solutions de chlorure de nickel.* Note de M. **H. Ollivier**, Mlle **J. Pernet** et M. **J. Lesne**, transmise par M. Pierre Weiss.

Un lot homogène de cristaux de chlorure de nickel pur nous a servi à préparer une série de solutions aqueuses (²); non acidulées, elles sont restées limpides et de propriétés constantes, sauf deux d'entre elles qui, au cours des mesures, se sont emplies d'un nuage de particules très fines d'hydroxyde.

Soit τ le titre (rapport de la masse du sel anhydre à la masse de la

(¹) Pour l'alcool éthylique, la faiblesse du fond continu et la grande différence d'intensité des composantes i et I de la raie non changée de longueur d'onde rendent les mesures de dépolarisation plus incertaines.

(²) Les propriétés magnéto-optiques de tous les échantillons ne sont pas identiques. Pour le corps utilisé, nous n'avons pu mettre en évidence aucune influence, sur les propriétés étudiées, du mode de dissolution des cristaux dans l'eau.

solution, mesuré, à moins d'un millième près, par électrolyse). Soient, à la température t, e la densité de l'eau, d celle de la solution. Des valeurs mesurées de d nous avons déduit notamment celles de la grandeur d'', définie par l'équation $1/d=(1-\tau)/e+\tau/d''$ et qui devient infinie quand les volumes du solvant et de la solution sont égaux; d'', supérieur à la densité (3,444 à 0°) du chlorure anhydre, varie, pour τ constant, avec t : on observe à 40° un minimum d'autant plus accusé que τ est plus petit; le cas simple est ici celui des solutions très concentrées. Exemples :

$\tau=0{,}3521_8$; $d''=$ 7,40 à 0°; 6,76 à 40°; 7,10 à 10°,5 et à 80°;
$\tau=0{,}1901_6$; $d''=$ 10,5 à 0°; 8,46 à 40°; 9,36 à 10°,0 et à 80°;
$\tau=0{,}0289_0$; $d''=$ 22,06 à 0°; 13 à 40°; 15,7 à 6° et à 80°; ∞ à 119°.

Les rotations magnétiques, positives, ont été mesurées pour la radiation verte du mercure [1]. L'appareil utilisé comporte un arc au mercure Cotton, un assez grand monochromateur, un collimateur, un polariseur Glan-Thompson, la cuve contenant la solution, un analyseur à pénombre, une lentille. Une loupe permet d'examiner le cercle oculaire; déplacée longitudinalement, elle nous servait constamment à explorer toute l'installation (Cotton).

La cuve, de 25mm de longueur, à parois d'or, est fermée par des galets de crown dénués de biréfringence et non serrés. Le bloc de cuivre qui la contient est placé dans un thermostat à circulation d'eau ou de vapeurs. La température, mesurée par un thermomètre étalonné plongé dans le liquide même, a varié de 5° à 98°. Le champ (16000 gauss) est produit par un électro-aimant Weiss; on le maintient constant pendant toute la durée d'une série de mesures; on place dans l'entrefer, successivement, la cuve pleine d'eau (rotation ρ_1 à la température t_1), puis la cuve pleine de solution (rotation θ à la température t). Une étude préalable fait connaître la rotation due aux glaces en fonction de ρ_1 et de t.

Le pouvoir rotatoire magnétique spécifique G du sel anhydre dissous est calculé d'après la loi d'additivité des rotations :

$$G=\frac{1}{\tau}\frac{\alpha_1}{\rho_1}\frac{\theta}{d}-\frac{1-\tau}{\tau}\frac{\alpha}{e}$$

(α, constante de Verdet de l'eau à t degrés; α_1 valeur de α à t_1 degrés).

---

(1) Située dans la région de transparence de ces solutions, mais non au milieu. La courbe de dispersion rotatoire magnétique (voir Roberts, Smith, Richardson, *Phil. Mag.*, 6e série, 44, 1922, p. 912) ne présente pas ici d'anomalies saillantes.

Résultats. — Vers 13°, G ne dépend pas de τ (sauf peut-être pour les solutions très diluées); G est le produit de la constante de Verdet spécifique ($\alpha \div e$) de l'eau par 1,99. Quand t croît, G reste sensiblement constant dans le cas des solutions moyennement diluées (τ voisin de 0,2). Ce cas correspondrait à celui du paramagnétisme constant. Pour les solutions diluées, G diminue, mais sa variation est bien moindre que celle d'une susceptibilité variant suivant la loi de Curie-Weiss ([1]); par exemple $G = 0,0308$ à 13° et 0,0303 à 98°. Pour les solutions concentrées ($\tau = 0,35$) G *augmente* (de 0,0308 à 13° à 0,0332 à 98°) ce qui est en contradiction complète avec l'équivalent de la loi de Curie.

Le même dispositif, dans le cas du nitrate de cérium, met en évidence une grande variation de G, suivant la loi de Weiss.

Rôle de la lumière réfléchie sur les faces extrêmes de la cuve. — Un faisceau R_3, deux fois réfléchi, se superpose au faisceau principal R_1; le rôle qu'il joue dans les mesures de biréfringence, par exemple, a souvent été signalé; ici, pour R_3 la rotation est 3θ; de telle sorte que si $\theta = 45°$ environ, quand R_1 est sensiblement éteint, R_3 donne une lumière émergente considérablement plus intense que celle due à R_1. Dans certaines de nos expériences, ce phénomène rendait les mesures presque impossibles vers $\theta = 45°$.

Pour éliminer R_3, il suffit d'employer une cuve très légèrement prismatique (angle A de l'ordre de la minute). Deux cercles oculaires se forment, angulairement distants de $2nA$ (n, indice); ils ne s'éteignent pas ensemble ([2]). Il est facile de ne conserver que celui dû à R_1.

Il nous a paru inutile de chercher à éliminer les autres faisceaux parasites et de placer dans le champ un petit prisme compensateur.

([1]) Les résultats précédemment obtenus par la méthode de la bobine sont donc confirmés. Voir les Notes de H. Ollivier, *Comptes rendus*, **186**, 1926, p. 1001; **191**, 1930, p. 130, où les travaux théoriques et expérimentaux de J. Becquerel, de Mallemann, Ladenburg et d'autres savants sont rappelés.

([2]) Si la température n'est pas très uniforme, la cuve fonctionne comme un mauvais prisme d'arête horizontale et le phénomène est moins net.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les anomalies présentées par les radiographies obtenues au moyen de cellules semi-conductrices.* Note de M. G. **Reboul**, transmise par M. A. Cotton.

En soumettant à l'action de cellules semi-conductrices des objets de faible épaisseur enveloppés de feuilles de papier noir, on peut obtenir des radiographies de ces objets [1]. Les clichés ainsi obtenus présentent parfois des anomalies qui s'expliquent aisément si l'on tient compte de ce que nous avons vu précédemment sur la radioactivation de corps placés dans le voisinage de cellules en fonctionnement [2].

Sous l'action des cellules semi-conductrices les feuilles de papier devenant photographiquement actives, il s'ensuit que le mécanisme des radiographies obtenues avec les cellules diffère beaucoup de celui des radiographies obtenues avec les rayons X ordinaires ; dans ces dernières l'enveloppe contenant les objets opaques aux rayons X joue un rôle passif, elle se laisse traverser par le rayonnement et n'exerce par elle-même aucune action sur la plaque sensible ; dans les premières au contraire, l'enveloppe joue un rôle actif, à l'impression de la plaque photographique par le rayonnement direct s'ajoute l'action de l'enveloppe de papier que le voisinage de la cellule ou des gaz qui en émanent a rendue photographiquement active ; les choses se passent en somme comme si l'on faisait, avec des rayons X ordinaires, la radiographie d'objets que ces rayons rendraient en partie phosphorescents.

1. L'activation des feuilles de papier étant produite par des gaz émanés de la cellule en fonctionnement, et la diffusion pouvant amener ces gaz à des distances notables de la cellule, il s'ensuit que l'on doit obtenir des radiographies même quand les corps étudiés sont placés à des distances où ne peut atteindre le rayonnement direct de la cellule : c'est bien ce que l'expérience confirme.

2. L'expérience montre qu'une radiographie faite plusieurs fois avec la même enveloppe se fait mal ; on trouve parfois sur le cliché pendant une deuxième radiographie l'image positive d'obstacles qui existaient seulement pendant une première opération. Ces anomalies s'expliquent facilement ; elles sont une conséquence du rôle actif joué par l'enveloppe et des effets de fatigue éprouvés par les corps déjà soumis à l'action des cellules.

---

(1) *Journal de Physique*, 7e série, 2, 1931, p. 86-100.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 602-1122.

3. Il se produit parfois dans les radiographies des renversements d'image: si l'on place une feuille de papier sur laquelle sont imprimés des caractères entre deux feuilles de papier noir enveloppant une plaque photographique, et si l'on soumet cet ensemble à l'action d'une cellule, on constate en général que les caractères imprimés ont joué le rôle d'obstacles et ressortent en blanc sur le négatif. Mais si l'on prolonge l'action de la cellule, il arrive parfois que les images sont renversées, les caractères ressortant en noir. Ce renversement peut s'expliquer soit par excès de pose comme cela se produit en photographie ordinaire, soit par l'effet de fatigue que les feuilles de papier présentent à l'activation quand celle-ci se prolonge ou se répète ; les parties abritées par l'obstacle se fatiguant moins vite que les autres finissent par produire une impression plus forte.

4. Les microradiographies par cellule semi-conductrice s'obtiendront donc plus facilement avec les substances susceptibles de s'activer (papier, carton mince, étoffes, fibres végétales, etc.). Elles peuvent être utilisées pour examiner le défaut d'homogénéité de ces substances : des rayures, des caractères, des empreintes invisibles provenant de lavages, apparaissent aisément sur la plaque photographique soumise à ces substances après leur activation. Par exemple, des caractères tracés avec une solution saline sur des feuilles de papier, avant ou après leur activation, ressortent nettement à la photographie, quoiqu'il soit difficile de se rendre compte de leur existence par un simple examen des feuilles.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Considérations sur les transformations radioactives.* Note (¹) de M. **L. Wertenstein**, présentée par M. Jean Perrin.

Il semble probable, ainsi que l'ont proposé F. Perrin (²), G. Fournier (³) et D. Iwanenko (⁴), que le noyau n'est pas composé d'hélions, protons et électrons, mais d'hélions, demi-hélions et neutrons. F. Perrin a émis l'hypothèse que les particules émises dans les désintégrations artificielles produites par les rayons α sont des demi-hélions. Il est vrai que G. Stetter (⁵) a mesuré par la méthode d'Aston le rapport e/m de ces particules et n'a

(¹) Séance du 13 juin 1932.

(²) *Bull. de la Soc. fr. de Phys.*, 3, 1932, p. 96 S, et *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1343.

(³) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1482.

(⁴) *Nature*, 129, 1932, p. 798.

(⁵) *Ztschr. f. Phys.*, 42, 1932, p. 741.

trouvé que des hélions et des protons. Mais la méthode d'Aston est peu précise dans le cas des particules, dont les vitesses varient dans de larges limites. Pour trancher la question, il faudrait comparer sur les photographies des désintégrations dans une chambre de Wilson le pouvoir ionisant des particules émises à celui des particules α. Nous admettrons provisoirement que les particules de désintégration sont des demi-hélions. On peut dès lors appliquer la méthode du bilan d'énergie dans les désintégrations artificielles en vue de calculer la masse du demi-hélion. Dans le cas de B on aurait la réaction $B_{10} + \alpha = C_{12} + \eta$ (les expériences de I. Curie et F. Joliot rendent probable que B_{11} ne donne que des neutrons). Dans le cas de N on aurait $N_{14} + \alpha = O_{16} + \eta$. On obtient pour la masse de η (demi-hélion), dans le premier cas, 2,007; dans le deuxième cas, 2,009. D'autre part C. D. Ellis (1) a calculé que la masse du neutron est voisine de 1,006.

Nous supposerons que les transformations α résultent de la synthèse d'un hélion à partir de 2 demi-hélions et, d'accord avec G. Fournier (2), que les transformations β accompagnent la synthèse d'un demi-hélion à partir de 2 neutrons, avec expulsion d'un électron. On voit effectivement que ces deux synthèses sont fortement exothermiques, la première dégageant une énergie voisine de 13 millions de volt-électrons, la deuxième voisine de 3 millions de volt-électrons. L'accord avec l'expérience est satisfaisant si l'on songe que ces nombres doivent être diminués dans le cas des synthèses se passant dans le noyau.

Pour interpréter la situation exceptionnelle des radioéléments vis-à-vis des autres éléments, il suffit d'admettre que leurs noyaux contiennent un excès de demi-hélions, alors que les noyaux légers en possèdent 3 au plus [cf. F. Perrin (3)]. Il semble probable que cette constitution des noyaux adioactifs est due aux conditions terrestres, par suite de la formation de l'anneau K dont les dimensions s'aprochent, pour les éléments lourds, de celles du noyau. A l'intérieur des étoiles, la synthèse des noyaux lourds doit être possible et nous admettons qu'elle se fait par juxtaposition des hélions. La modification apportée par l'abaissement de la température serait une dissociation partielle des hélions en demi-hélions.

Dans cette manière de voir la radioactivité serait le seul fragment acces-

(1) *Nature*, 129, 1932, p. 674.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Loc. cit.*

sible à l'observation de la désintégration des éléments formés à haute température, fragment limité du côté des éléments plus lourds que U par la disparition de ses prédécesseurs et du côté des éléments plus légers que Pb par les conditions de stabilité. Les parties constitutives du noyau auraient une tendance à former des périodes et nous assisterions accidentellement au déroulement d'une seule période. Les transformations radioactives vont en général en s'accélérant au fur et à mesure que le poids atomique diminue et les prédécesseurs de U et de Th seraient les derniers membres de la période précédente et par conséquent caractérisés par une vie moyenne courte.

Nous admettons que dans chacune des trois familles radioactives les noyaux radioactifs connus sont formés par une partie stable identique au noyau de Pb correspondant et par une partie instable composée de demi-hélions et de neutrons. La raison principale de l'instabilité serait l'excès des demi-hélions, ce qui expliquerait la prédominance des transformations α. On constate que dans toutes les familles nous avons une longue série de transformations α se terminant à un élément 82 qui ne diffère du Pb correspondant que par un certain nombre de neutrons en excès. Les transformations α n'étant plus possibles, c'est l'excès de neutrons qui détermine à partir de cet instant l'instabilité et les transformations β commencent à entrer en jeu.

Dans la synthèse du demi-hélion seule l'énergie communiquée à l'électron est suffisante pour l'expulser du noyau; le restant de l'énergie se traduit par une excitation du noyau (rayons γ). On remarque que les transformations β vont généralement par paires et que la deuxième transformation est toujours plus énergétique que la première : ceci peut être dû au fait que le premier demi-hélion formé favorise la formation du suivant. Il est curieux que les « dernières » transformations ayant lieu dans l'ordre normal β, β, α (RaE, ThC) ne sont pas accompagnées d'excitation, c'est peut-être qu'elles se passent dans un noyau presque complètement stabilisé. Dans les bifurcations où l'ordre des transformations est $\beta\alpha\beta$, la dernière transformation (ThC″, AcC″) est accompagnée de rayonnement γ. Pour interpréter ce fait et en même temps l'existence des bifurcations, il semble nécessaire d'admettre que la transformation α se faisant trop tôt (ThC — ThC″) emprunte le demi-hélion manquant à la partie stable du noyau. Ce demi-hélion se reforme dans la transformation β qui suit. On conçoit que la perturbation qui en résulte rend le noyau temporairement moins stable et susceptible d'être excité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la passivité du fer électrolytique en milieu alcalin.* Note de MM. **A. Travers** et **J. Aubert**, présentée par M. Matignon.

On sait que le fer poli, plongé dans une solution d'alcali caustique, garde son brillant indéfiniment, et que cette propriété explique l'usage des peintures à base de ciment Portland, où la chaux libérée par la prise fournit les ions OH nécessaires à la protection.

Nous avons recherché si cette « passivation » était due à l'alcali lui-même, ou à l'oxygène dissous dans l'alcali.

La désaération a été faite par barbotage prolongé d'un courant d'azote purifié de son oxygène par passage sur du cuivre au rouge. Nous prenons comme réactif de contrôle de la désaération l'hydrate $Mn(OH)^2$, qui doit rester blanc (1).

A notre grand étonnement, nous avons trouvé un potentiel beaucoup plus négatif que dans la soude normale non désaérée, et atteignant comme valeur limite — 0,96 volt (mesuré par rapport à l'électrode au calomel avec KCl saturé), alors que, dans l'air, le potentiel se fixe au bout de quelques heures à — 0,24 volt.

Si l'on arrête le courant d'azote, le potentiel remonte lentement à la valeur qu'il prend dans la solution aérée.

De plus l'anion, tel que CO^3, CO^3H, PO^4, PO^4H, qui exerçait une influence passivante très importante en présence d'oxygène, n'intervient plus, si la solution est convenablement désaérée.

Par exemple, dans une solution non désaérée de CO^3Na^2 à 1 pour 100 (pH = II), le potentiel se fixe à — 0,05 volt, alors que dans une solution normale de soude, on obtient 0,24 volt. Dans la même solution carbonatée, soigneusement désaérée par un courant d'azote, le fer électrolytique prend le potentiel limite — 0,88 volt. Si l'on fait passer un courant d'air, il remonte à — 0,08 volt.

La passivité *en milieu alcalin* semble donc due à l'oxygène dissous, et non aux ions OH de la solution, et en l'absence d'oxygène, l'anion n'exerce aucune action passivante dans ce même milieu.

Entre deux électrodes de fer, l'une A plongée dans une solution aérée de CO^3Na^2 à 1 pour 100, l'autre B plongée dans la même solution désaérée,

---

(1) Principe du dosage de l'oxygène dans les eaux.

il existe un couple, de force électromotrice = 0,8 volt, dont le pôle positif est l'élément A.

L'usage industriel d'une faible alcalinité ($0^g,5$ CO^3Na^2 par litre) dans les eaux d'alimentation de chaudières entraîne donc une protection moins efficace, quand l'eau est dégazée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'hydratation de l'anhydrite en présence d'hydrate de chaux.* Note de M. **Henri Lafuma**, présentée par M. Le Chatelier.

On sait que l'anhydrite finement pulvérisée peut s'hydrater et faire prise; cette hydratation est lente et l'absence de prise, habituellement constatée pour l'anhydrite et les plâtres cuits à mort, résulte, comme l'a montré M. Chassevent ([1]), de ce que l'eau de gâchage s'écoule ou s'évapore avant que ces corps aient pu s'hydrater en proportion notable.

Une addition de chaux, en petite quantité, 2 à 3 pour 100, assure à l'anhydrite une prise relativement rapide et un durcissement plus élevé. Les promoteurs de ce procédé ([2]) prétendent que la chaux est un véritable catalyseur de l'hydratation de l'anhydrite.

Il a paru intéressant de rechercher le mécanisme de l'action de la chaux sur l'hydratation et la prise de l'anhydrite.

Tout d'abord on doit écarter l'idée de catalyse : la chaux ralentit fortement la vitesse d'hydratation de l'anhydrite.

Un échantillon de 20^g d'anhydrite, finement pulvérisé, a été divisé en deux parties égales; l'une a été agitée dans 50^{cm^3} d'eau distillée, l'autre dans 50^{cm^3} d'eau de chaux saturée. De temps à autre un prélèvement était fait pour déterminer le degré d'hydratation de la matière (analyse sur la matière séchée sur $CaCl^2$ jusqu'à poids constant).

Durée	0.	4 jours.	1 sem.	2 sem.	4 sem.	8 sem.	12 sem.
			H^2O %.				
Hydratation par l'eau	0,3	3,1	5,8	9,2	12,8	16,5	19,0
Hydratation par l'eau de chaux	0,3	1,8	3,1	4,5	6,8	10,0	12,4

La chaux n'agit pas non plus sur le mécanisme de l'hydratation qui se

([1]) *Annales de Chimie*, 6, 1926, p. 289.
([2]) Brev. all., n° 312239, 1919.

fait, dans les deux cas, avec formation transitoire d'une solution sursaturée; la chaux diminue seulement le degré de sursaturation et la solubilité du sulfate de chaux; c'est de là, d'ailleurs, que résulte le ralentissement de l'hydratation de l'anhydrite en présence de chaux.

Voici les résultats obtenus en agitant 50g d'anhydrite pulvérisée, d'une part dans 500cm³ d'eau distillée, d'autre part dans 500cm³ d'eau de chaux à 1g de CaO par litre; les chiffres indiquent le sulfate de chaux, en solution dans la liqueur filtrée, en grammes par litre :

Durée.....	5 heures.	1 jour.	3 jours.	4 jours.	5 jours.	10 jours.	20 jours.
			SO^4Ca en solution (gr par litre).				
Eau..............	2,97	2,98	2,96	2,82	2,70	2,33	2,06
Eau de chaux......	2,64	2,65	2,58	2,46	2,37	1,93	1,60

Il n'y a pas lieu d'admettre, dans le cas de l'eau de chaux, la formation d'un sulfate basique : le titre en chaux, de l'eau de chaux, n'est nullement modifié au cours de l'expérience. D'autre part, nous nous sommes assurés que les cristaux se déposant de la solution sursaturée, préparée avec l'eau de chaux, avaient exactement la composition du bihydrate $SO^4Ca.2H^2O$.

Par contre, l'addition d'une petite quantité de chaux ralentit énormément la perte d'eau de la pâte gâchée, par écoulement et évaporation. La pâte gâchée avec 25 pour 100 d'eau est placée dans un creuset de Gooch dont la perte de poids est mesurée de temps à autre. Les chiffres ci-dessous indiquent la quantité d'eau retenue par 100g d'anhydrite et par 100g du mélange d'anhydrite et de 3 pour 100 d'hydrate de chaux :

Durée.....	0.	30 min.	1 heure.	4 heures.	5 heures.	6 heures.	24 heures.
			Eau retenue.				
Anhydrite seule....	25,0	19,6	16,6	11,7	10,1	9,0	3,2
Anhydrite et chaux.	25,0	22,3	21,5	19,5	18,9	18,6	16,0

L'anhydrite seule perd beaucoup d'eau, au début par écoulement sur les parois et ensuite par évaporation; ces deux causes de perte d'eau sont fortement réduites par l'addition de chaux qui donne une pâte plus plastique et par conséquent plus compacte.

Mais de plus, l'anhydrite additionnée de chaux prend et durcit plus vite que l'anhydrite seule, maintenue humide, ce qui peut paraître paradoxal en raison du ralentissement de l'hydratation occasionné par la chaux.

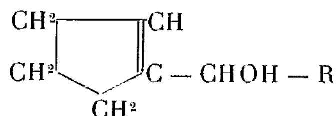
Cette augmentation des résistances paraît résulter uniquement de la

dimension des cristaux de bihydrate qui prennent naissance : en présence de chaux, les cristaux formés sont beaucoup plus petits; il en résulte que pour une masse inférieure de bihydrate formé, le nombre des cristaux peut être plus grand, dans le cas de l'addition de chaux, ce qui est éminemment favorable au durcissement. Cette diminution des dimensions des cristaux de bihydrate formés en présence de chaux peut résulter simplement de la diminution du degré de sursaturation et de solubilité du sulfate de chaux occasionnée par la chaux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les cyclopentényl-1-alcoylcarbinols et leurs produits de déshydratation.* Note M. **Urion**, présentée par M. Matignon.

Dans une précédente Communication (1), j'ai exposé comment la décomposition du divinylglycol par catalyse sur alumine m'avait conduit à l'aldéhyde cyclopentène formique avec un rendement de 60 à 62 pour 100. Le divinylglycol se préparant lui-même par réduction de l'acroléine avec un rendement de 45 pour 100, les deux opérations faites successivement permettent d'obtenir l'aldéhyde cyclopentène formique avec un rendement de 27 à 28 pour 100 par rapport à l'acroléine produit commercial. Dès lors, il était indiqué d'utiliser cette aldéhyde pour la synthèse de quelques dérivés cyclopenténiques, le nombre des composés connus jusqu'ici dans cette série étant assez restreint, précisément à cause de la rareté des matières premières.

Cyclopentényl-1-alcoylcarbinols. — J'ai tout d'abord fait réagir cette aldéhyde sur quelques bromures d'alcoylmagnésium, ce qui m'a conduit aux alcools :



dont j'ai préparé les trois premiers termes, où R représente les radicaux CH^3, C^2H^5, nC^3H^7.

Le rendement de la réaction magnésienne atteint 85 à 90 pour 100 par rapport à l'aldéhyde, si l'on prend les précautions : d'utiliser un excès de magnésien de l'ordre de 1/3, d'opérer avec une grande dilution d'éther et

(1) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1512.

de détruire le produit de la réaction avec une solution concentrée de chlorure d'ammonium.

J'ai ainsi obtenu de 60 à 70^g de chacun des alcools. Ce sont des liquides qui absorbent énergiquement le brome mais sans donner de composés cristallisés; voici leurs constantes :

Cyclopenténylméthylcarbinol :

$E_{749} = 165°\text{-}166°$; $E_{10} = 67°\text{-}68°$; $d_4^{24} = 0,939$; $n_D^{24} = 1,4710$;
R. M. calculée = 33,34; R. M. théorique = 33,38.

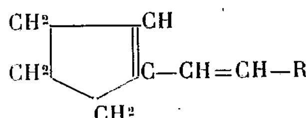
Cyclopenténypéthylcarbinol :

$E_{749} = 179°\text{-}180°$; $E_{10} = 78°\text{-}79°$; $d_4^{19} = 0,932$; $n_D^{19} = 1,4750$;
R. M. calculée = 38,05; R. M. théorique = 38,00.

Cyclopentényl-n-propylcarbinol :

$E_{760} = 197°\text{-}198°$; $E_{10} = 92°\text{-}94°$; $d_4^{20,5} = 0,920$; $n_D^{20,5} = 1,4710$;
R. M. calculée = 42,55; R. M. théorique = 42,62.

Cyclopentényl-1-alcoyléthylènes. — La déshydratation catalytique sur alumine des alcools décrits m'a permis de préparer les carbures de formule



où R représente H, CH^3, C^2H^5.

En traitant 30^g d'alcool, la température du tube à catalyse étant maintenue vers 320°, on obtient en moyenne 20^g de carbure brut. En voici les constantes :

Vinylcyclopentène-1 :

$E_{754} = 114°\text{-}115°$; $d_4^{18} = 0,824$; $n_D^{18} = 1,4870$;
R. M. trouvée = 32,78; R. M. théorique = 31,39; Exaltation = 1,39.

Propénylcyclopentène-1 :

$E_{754} = 142°\text{-}144°$; $d_4^{21} = 0,835$; $n_D^{21} = 1,4865$;
R. M. trouvée = 37,18; R. M. théorique = 36,01; Exaltation = 1,17.

Cyclopentényl-1-éthyléthylène :

$E_{14} = 59°\text{-}62°$; $d_4^{19} = 0,833$; $n_D^{19} = 1,4850$;
R. M. trouvée = 41,97; R. M. théorique = 40,62; Exaltation = 1,35.

L'exaltation de la réfraction moléculaire d'une part, l'intensité de l'effet Raman, observé pour chacun des carbures d'autre part, confirment leur structure érythrénique. Toutefois, des raies Raman parasites, présentant une intensité minime pour le premier carbure, plus grande pour les deux autres, semblent se rapporter à des carbures simplement éthyléniques provenant d'une réaction d'hydrogénation secondaire, au cours de leur production.

PÉDOLOGIE. — *Les sols des terrasses rhénanes du sud de l'Alsace.* Note de M. **Henri Erhart**, transmise par M. L. Cayeux.

Sur le trajet de Sierentz à Kembs on observe deux terrasses anciennes du Rhin, l'une supérieure, assimilée généralement à la haute terrasse (terrasse de Hangenbieten-Aachenheim) l'autre inférieure, assimilée à la basse terrasse, encore appelée terrasse à berge haute. A Kembs-Lœchle cette dernière terrasse domine de 25^m environ les alluvions récentes du fleuve.

Un lambeau de la haute terrasse est très bien visible dans la briqueterie Trantzer près Sierentz. Les alluvions, dont le sommet est à environ 10^m au-dessus de la surface de la basse terrasse, sont couvertes d'épais dépôts de loess dans lequel on distingue plusieurs sols enterrés, séparés les uns des autres par du loess typique. Ces sols sont très analogues dans l'ensemble aux sols forestiers bruns du loess ancien d'Aachenheim décrits par nous [1]. Mais l'un d'eux offre des caractères pédologiques particuliers. Alors qu'à Aachenheim les poupées calcaires qui constituent l'horizon illuvial se trouvent immédiatement à la base de l'horizon éluvial et ne dépassent pas généralement la grosseur d'une tête d'enfant, on trouve au contraire à Sierentz des poupées colossales, ayant fréquemment des dimensions de $1^m \times 0^m,50 \times 0^m,50$ de diamètre, lesquelles se trouvent toujours placées environ $1^m,50$ plus bas que l'horizon éluvial.

Les graviers qui portent le loess représentent eux aussi un ancien sol. Les matériaux sont très altérés et complètement décalcifiés. Les résidus de la décalcification s'y trouvent mélangés sous forme de produits ferrugineux rouges. Un horizon illuvial, représenté par un tuf calcaire compact et dur,

---

[1] H. Erhart, *Sur la nature et la genèse des paléo-sols du loess ancien d'Alsace* (*Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 554).

se trouve à la base des couches décalcifiées. Ce type d'altération correspond à un climat tropical ou subtropical.

La basse terrasse se divise en plusieurs sous-terrasses dont la surface est constituée par des sols rouges décalcifiés passant latéralement à des sols gris, qui peuvent être calcaires ou dépourvus de carbonate de chaux.

Les sols rouges de cette basse terrasse peuvent être très bien observés et étudiés dans des petites sablières qui se trouvent le long du chemin qui va de la briqueterie Trantzer à Kembs en traversant la forêt de la Hard. Voici comme ils se présentent, de haut en bas d'une coupe. Il y a d'abord un horizon supérieur, épais de $0^m,10$ environ, constitué par des débris végétaux de la forêt, mélangés à des sables argileux gris jaune; puis $0^m,20$ de sables gris jaune et de graviers; puis 1^m de sables argileux et de graviers intensément rouges. Plus bas vient un horizon gris blanc constitué par des graviers cimentés par de la calcite en un tuf compact et dur. Toute l'épaisseur du sol jusqu'au tuf est complètement décalcifiée et les galets entiers qu'on y trouve encore sont profondément altérés et caverneux.

Cette coupe correspond à une terra rossa podzolée et sa genèse comporte deux temps. Dans un premier temps s'est formée la terra rossa par l'altération profonde des matériaux silicatés et calcaires des alluvions, sous un climat tropical ou subtropical. La présence à la base de l'horizon rouge d'une couche illuviale de carbonate de chaux provenant de la décalcification du sol démontre l'existence alors d'une végétation forestière. Au deuxième temps correspond le blanchiment ou podzolisation des couches superficielles de cette terra rossa par le départ des oxydes ou hydroxydes de fer. Ce processus demande une végétation forestière (espèces à résine) sous un climat relativement froid et pluvieux.

La présence sur la même terrasse des sols gris à côté des sols rouges s'explique tout simplement par l'érosion plus ou moins totale du vieux sol rouge. Les sols gris sont des sols plus jeunes, formés à une époque froide ou tempérée. On en voit qui se sont formés aux dépens du travertin des sols rouges et ils sont naturellement encore très calcaires. Là où l'érosion est allée jusqu'à enlever le tuf, il s'est formé des sols gris peu ou pas calcaires dont une des principales caractéristiques est la fraîcheur relative des matériaux aux dépens desquels ils se forment.

L'observation des sols des terrasses rhénanes du sud de l'Alsace nous conduit aux conclusions générales suivantes :

L'altération des matériaux du sommet de la haute terrasse à Sierentz, indiquant un climat relativement tropical avant l'époque du loess ancien,

concorde avec ce que nous connaissons sur les alluvions qui constituent la base du loess ancien dans le nord de l'Alsace et ailleurs (terrasses de Hangenbieten-Aachenheim, terrasses de Mosbach et de Mauer), lesquelles sont caractérisées par une faune chaude.

La nature des sols rouges de la basse terrasse nous conduit à admettre l'existence d'un climat plus ou moins tropical, soit au cours d'un interglaciaire wurmien, soit à une époque postwurmienne.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de Péridiniens dans un dépôt fossile des Barbades.* Note de M. **Lefèvre**, présentée par M. L. Mangin.

Les Péridiniens sont des algues globuleuses unicellulaires pourvues d'un test cellulosique formé de plaques polygonales assemblées par des sutures.

Alors que les squelettes des Radiolaires ou les valves siliceuses des diatomées ont formé par endroits des dépôts pouvant atteindre et même dépasser 100^m d'épaisseur, on ne trouve nulle trace des Péridiniens dont la fragile thèque cellulosique se corrode trop rapidement, attaquée par les bactéries et par les agents chimiques.

Ehrenberg avait cependant signalé en 1854 la présence de Péridiniens fossiles assez bien conservés dans des dépôts tertiaires de Saxe; mais, à notre connaissance, aucune autre roche à Péridiniens n'avait été rencontrée depuis.

Nous pouvons aujourd'hui indiquer la présence absolument certaine de Péridiniens fossiles dans une terre à Radiolaires provenant des Barbades. Nous n'avons malheureusement en mains qu'une préparation définitive [1] montée dans le baume de Canada sec et où les organismes sont totalement immobilisés, ce qui rend leur examen très difficile. Cette préparation renferme en majeure partie des Radiolaires et des Diatomées, quelques spicules d'Éponges et des Silicoflagellés. Une quinzaine de Péridiniens presque entiers ainsi que de nombreuses plaques dissociées sont mêlés aux autres organismes.

Il ne saurait y avoir de doute sur la nature fossile des Péridiniens et ceci pour les raisons suivantes :

1° L'aspect de la préparation montre que le dépôt a été lavé aux acides

---

(1) Provenant de la collection Petit (Laboratoire de Cryptogamie du Muséum).

bouillants, comme le font habituellemenl les micrographes professionnels qui veulent présenter des objets d'un aspect agréable. Les Péridiniens ont résisté à ce traitement.

2° Les Péridiniens actuels, montés dans un médium résineux sans coloration préalable deviennent presque totalement invisibles. Dans la préparation que nous avons examinée, la visibilité des Péridiniens est absolument égale à celle des Diatomées ou des Radiolaires, ce qui prouve que l'indice de réfraction de la substance dont ils sont formés est différent de celui de la cellulose.

3° Tous les péridiniologues savent que, lorsqu'une thèque récente se brise, elle se désarticule invariablement en suivant les lignes de suture qui semblent être des points de moindre résistance.

Chez les Péridiniens fossiles, la coque est brisée d'une manière absolument quelconque.

Il y a donc eu substitution d'un test minéral au test cellulosique primitif. Nous nous proposons d'examiner prochainement cette préparation en lumière polarisée pour tenter d'établir la nature de la substance qui a fourni ce test de substitution.

Au point de vue morphologique, les espèces fossiles diffèrent extrêmement peu des espèces actuelles. Bien qu'il nous ait été impossible de déplacer les cellules dans l'unique préparation que nous possédons, les tabulations partiellement observées nous semblent pouvoir être rattachées à des types connus chez les espèces actuelles. Leurs dimensions oscillent entre 20 et 50$^{\mu}$ environ. L'examen des sutures montre qu'il existe des cellules fossilisées à tous les stades du cycle évolutif : Glenodinium, Peridinium adulte, Peridinium âgé. On note la présence constante d'un pore apical. Les types d'ornementation semblent également très voisins des types actuels : mailles de filet, verrues, etc. L'ornementation semble cependant plus puissante, les verrues prenant souvent l'aspect de courtes épines coniques et se continuant très visiblement dans le sillon transversal.

En général, l'épaisseur de la thèque est plus grande chez les espèces fossiles, mais il est possible que ce fait soit lié à la fossilisation.

Nous espérons pouvoir nous procurer de la terre fossile des Barbades et entreprendre l'étude systématique des Péridiniens qu'elle contient.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de centrosomes et d'asters chez un Angiosperme*, Lonicera alpigena *L.* Note (¹) de M. **Feng Yen-An**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Les auteurs sont d'accord sur la présence du centrosome dans les cellules animales et aussi dans celles des végétaux inférieurs tandis que chez les plantes supérieures, son existence est encore discutée. Quoique certains auteurs aient cru voir cet organite dans les cellules de quelques Angiospermes, ils ne l'ont pas démontré d'une façon quelque peu satisfaisante si bien que son absence est admise généralement.

Après avoir poursuivi toute une série de recherches chez le *Lonicera alpigena* L., nous y avons constaté la présence de centrosomes et d'asters tout à fait caractéristiques. Nos observations ont été faites surtout dans les cellules mères polliniques. Les échantillons ont été fixés tantôt au Bouin tantôt au Nawaschin et colorés à l'hématoxyline ferrique de Heidenhain suivi ou non de l'éosine. Nous allons exposer les aspects du centrosome aux stades successifs de la division méiotique des cellules mères.

Le centrosome est visible dès le début de la prophase de la première division. Il se présente sous forme d'un corpuscule fortement chromatique entouré d'une zone claire constituant la sphère attractive.

Au stade du spirème, on voit autour de la membrane nucléaire des fibrilles rayonnantes qui disparaissent peu à peu pendant la formation des chromosomes. Le cytoplasme se condense alors autour du noyau. Ces fibrilles semblent n'avoir aucune relation avec le centrosome.

Pendant la plus grande partie de la prophase le centrosome conserve sa forme initiale. Il reste unique et se trouve au voisinage de la membrane nucléaire. Le corpuscule central est coloré en noir de jais et situé toujours au centre de l'auréole hyaline très caractéristique, ce qui permet de le distinguer des granules chromatiques ordinaires qui peuvent être présents dans le cytoplasme.

Vers la fin de la prophase, quand les chromosomes sont en forme de petits bâtonnets et s'unissent deux par deux, le centrosome, qui est encore unique, se divise en deux. Alors la membrane nucléaire disparaît, le cytoplasme se condense autour des chromosomes et le fuseau achromatique

(¹) Séance du 20 juin 1932.

commence à se différencier. Les fibres rayonnantes, qui doivent avoir pour centre la sphère attractive et donnent la figure d'un aster, n'apparaissent qu'au moment où le fuseau est formé.

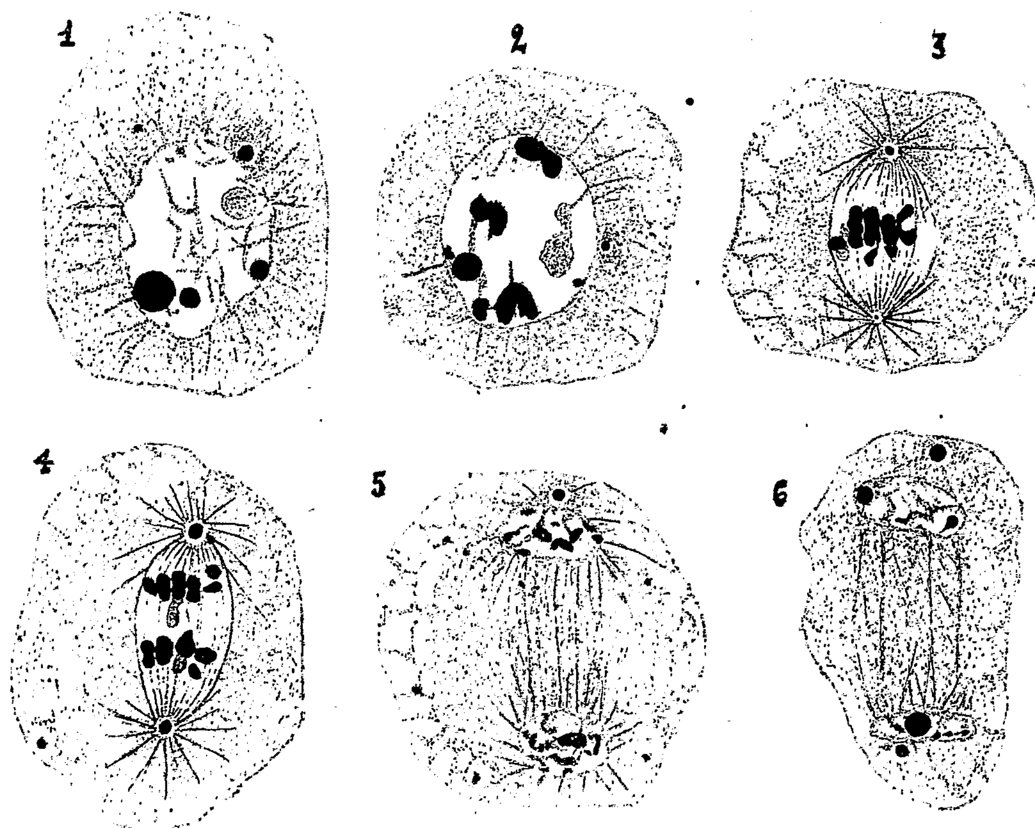


Fig. 1-6. — Stades successifs de la méiose avec centrosomes et asters.

A la métaphase, la figure achromatique se montre plus caractéristique et ressemble parfaitement à celles que l'on connaît bien chez les animaux et les plantes inférieures. Les deux centrosomes se placent aux deux pôles opposés et une partie des fibrilles rayonnantes des deux asters se rencontrent au milieu du fuseau. Le centrosome est toujours unique dans l'auréole hyaline. Il est toujours coloré en noir de jais. Les fibrilles de l'aster se distinguent du cytoplasme par leur chromaticité un peu plus forte. Elles prennent une teinte rose pâle si la coloration à l'hématoxyline est suivie de celle à l'éosine. Assez souvent les fibrilles de la périphérie du fuseau se rapprochent et se soudent entre elles en donnant des lignes plus grosses.

Au stade plus avancé, la plaque chromosomique se divise en deux; les deux groupes se séparent l'un de l'autre et se dirigent vers les deux pôles. Quelques fibrilles restent reliant les deux pôles, d'autres n'arrivent pas au centre du fuseau et l'on voit un espace clair entre les deux groupes de chromosomes.

Au fur et à mesure que les chromosomes se rapprochent des deux pôles et que les deux noyaux fils se reconstituent, les fibrilles rayonnantes des asters diminuent peu à peu et finissent par disparaître.

Quand la membrane nucléaire du noyau fils commence à se différencier, on ne voit que quelques traces des fibrilles. Le centrosome qui occupe encore l'extrémité du fuseau disparu, ne possède plus d'aster et reprend sa forme initiale de la prophase.

Dans la deuxième division, le centrosome se présente de la même manière. Il se compose également d'un corpuscule central entouré d'une zone claire. De même, les fibrilles qui forment l'aster ne se voient qu'au moment où le fuseau achromatique est formé.

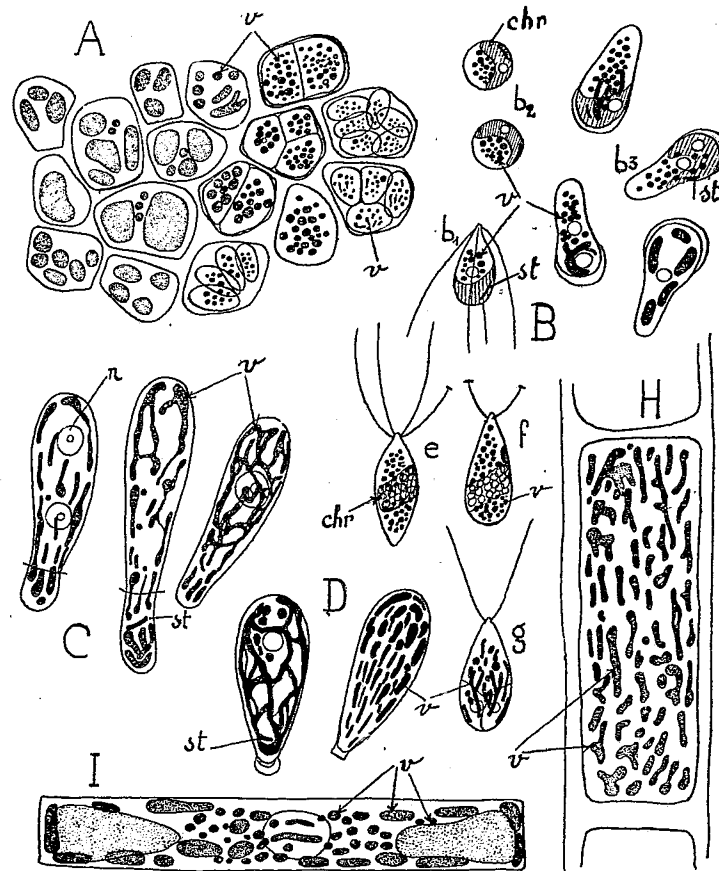
Après avoir trouvé des figures convaincantes de la présence du centrosome dans les divisions méiotiques, nous nous sommes mis à la recherche de ce même organite dans les divisions somatiques de la même plante. En effet, nous l'avons retrouvé dans les cellules du tissu de l'ovule ainsi que dans d'autres cellules somatiques. Partout, il se présente sous la même forme: le corpuscule central est toujours entouré d'une zone hyaline. Si l'aster ne se voit pas bien dans les quelques préparations que nous avons examinées, c'est parce que les centrosomes sont mal placés dans les cellules soit tout près de la membrane cellulaire, soit touchant des vacuoles. Cependant quelques traces de stries indiquent leur présence.

Nous pouvons donc conclure à la présence d'un centrosome, bien caractérisé, dans les divisions méiotiques et somatiques du *Lonicera alpigena* L. et ce centrosome est pourvu d'un aster bien net et tout à fait caractéristique.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le vacuome des Algues et sa transmission par les zoospores*. Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La notion de vacuome appliquée aux Algues apparaît souvent moins claire que chez les Végétaux supérieurs et elle donne lieu parfois à diverses

interprétations, surtout chez les formes inférieures. Or, des observations récentes nous ont permis de retrouver chez des Algues variées les divers aspects de l'évolution vacuolaire bien connus chez les Plantes supérieures



A. *Enteromorpha compressa*. Stades divers de la formation des zoospores, montrant l'évolution du vacuome (*v*). — B. Zoospores et leur germination : (b_1), zoospore à 4 cils; (b_2), zoospores venant de se fixer; (b_3), début de la germination; (*v*), vacuome; (*chr*), chromatophore; (*st*), stigma. — C. Zoospores de *Cladophora refracta* au début de la germination : (*n*), noyau; (*v*), vacuome réticulé; (*st*), stigma. — D. Zoospores fixées de *Cladophora* sp. avec vacuome (*v*). — *e*. Zoospore de *Chætomorpha ærea* : (*f*), gamète. — G. Gamète de *Bryopsis plumosa* : (*v*), vacuome. — H. Cellule de *Cladophora refracta* avec vacuome périphérique (*v*), coloré vitalement. — I. Cellule de *Fragilaria hyalina*, colorée vitalement.

et d'apporter des précisions sur la transmission du vacuome par les corps reproducteurs.

Le vacuome des Algues se rencontre habituellement sous la forme de grandes vacuoles remplies de suc cellulaire riche en eau. Il peut aussi, dans

certains cas assez rares, être décomposé en éléments distincts d'une substance très condensée (Protococcacées, Chlamydomonadinées, Fucacées) (¹). Les diverses vacuoles d'une cellule peuvent être semblables et de même constitution. Parfois aussi une partie d'entre elles se distingue par une composition chimique un peu différente : chez les *Œdogonium*, nous avons observé que des vacuoles généralement périnucléaires se colorent vitalement par le rouge neutre avec une teinte qui indique une alcalinité plus marquée que celle des autres vacuoles, plus grandes. Le même cas se présente chez diverses Diatomées, où, d'autre part, une partie du vacuome peut présenter l'état filamenteux (*fig.* I).

Certaines Algues comme les Cladophoracées, les Siphonées, sont décrites le plus souvent comme possédant des cellules, à canal vacuolaire central, traversé ou non par des travées protoplasmiques. Cependant nous avons reconnu, chez de nombreux *Cladophora* et chez des Vauchéries, l'existence de vacuoles périphériques souvent filamenteuses et parfois anastomosées en réseau (*fig.* H) qui sont logées dans la couche protoplasmique pariétale. La présence de ce vacuome, méconnu jusqu'à présent, permet de comprendre, chez les *Cladophora*, la transmission des vacuoles aux zoospores lorsque la couche protoplasmique pariétale se résout en corps reproducteurs.

On sait que l'existence de vacuoles normales dans les zoospores des Algues a été soutenue par Went (²), mais non véritablement prouvée. L'opinion plus récente, formulée par Oltmanns (1922) tendrait à repousser les conceptions de Went et de Vries. Or nous avons pu, au moyen de colorations vitales, vérifier dans un grand nombre d'Algues, l'existence générale d'un vacuome dans les zoospores; d'autre part nous avons pu nous assurer dans divers exemples (*Ulothrix*, *Cladophora*, *Ulva*, *Enteromorpha*) qu'il y a continuité entre le vacuome des cellules-mères des sporanges ou des gamétanges et celui des zoospores où des gamètes, quant aux plantules, leurs vacuoles dérivent directement de celles des zoospores (*fig.* B, C). Les faits précédents sont d'autant plus intéressants à noter que le vacuome

(¹) P.-A. et PIERRE DANGEARD, *Recherches sur le vacuome des algues inférieures* (*Comptes rendus* 178, 1924, p. 1038); PIERRE DANGEARD, *A propos de quelques travaux récents sur les* grains de fucosane *des Phéophycées.* (*Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 77, pl. V, 1930, p. 369-375).

(²) F. A. F. C. WENT, *Die Entstehung der Vacuolen in den Fortpflanzungszellen der Algen*) *Pringsh. Jahrb.*, 21, 1890, p. 299).

subit, le plus souvent, pendant cette période, un morcellement qui l'amène à des états granuleux, filamenteux ou réticulés à l'intérieur des zoospores (*fig. e, f, g*). Le vacuome de ces zoospores est alors comparable à celui des *Chlamydomonas* ou de certaines Protococcacées, exemples dans lesquels cette condition est durable.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la structure des Bactéries.* Note de M. A. **Guilliermond**, présentée par M. Molliard.

Dans des recherches récentes, M. et Mme Hollande ont soutenu l'existence, dans les Bactéries les plus diverses, d'un noyau typique (nucléosome), généralement inclus dans une masse de métachromatine (paranucléosome). Ces résultats nous ont amené à reprendre nos anciennes recherches sur la structure des Bactéries. Pour cela, nous avons choisi comme matériel le *Bacillus megatherium* et le *Bacillus mycoïdes* étudiés par M. et Mme Hollande. La structure de ces deux Bacilles étant sensiblement la même, nous ne parlerons ici que du *Bacillus megatherium*.

Sur le vivant, les cellules les plus jeunes de ce Bacille sont d'abord homogènes, mais, dès les premiers stades de leur développement, on voit apparaître dans le protoplasme des grains réfringents : ceux-ci, d'abord minuscules, s'accroissent rapidement, et chaque cellule encore jeune renferme de 1 à 4 assez gros grains qui, parfois, offrent des figures en haltères simulant des stades de division. Plus tard, au moment de la sporulation, ces grains très nombreux remplissent la cellule. Ces grains ne sont pas osmioréducteurs, mais se colorent électivement par le Soudan et le bleu d'indophénol, ce qui montre qu'ils sont en partie constitués par une substance lipoïdique. Les colorations vitales ne réussissent pas; par contre, on peut obtenir des colorations postvitales par le bleu de crésyl; celles-ci font apparaître dans toutes les cellules jeunes un filament axial beaucoup plus coloré que le reste du protoplasme. Dans les cellules un peu plus âgées, ce filament déformé par les grains lipoïdiques prend un aspect contourné, puis il cesse d'être visible; à sa place, on ne trouve plus que de petites granulations chromatiques disséminées entre les grains lipoïdiques, lesquels ressemblent à de petites vacuoles et donnent aux cellules un aspect alvéolaire. La spore apparaît d'abord à l'un des pôles de la cellule sous forme d'un corps chromatique ovoïde entouré d'une auréole hyaline et ressemblant à un noyau.

Après fixation par le picroformol ou le formol et coloration par le bleu de crésyl ou l'hémalun, les cellules très jeunes apparaissent uniformément colorées en bleu et ne montrent que de petites vacuoles correspondant aux grains lipoïdiques; par contre, aux deux pôles et parfois au milieu, on aperçoit de très petits corpuscules métachromatiques teints en rouge, semblables à ceux des Champignons, et qui semblent résulter de la précipitation du contenu de minuscules vacuoles invisibles; ces corpuscules disparaissent un peu avant la sporulation. L'hématoxyline ferrique donne des résultats semblables et fait souvent apparaître les corpuscules métachromatiques en noir avec l'aspect de petits noyaux. La méthode utilisée par M. et Mme Hollande (fixation par l'alcool-éther et coloration aux éosinates de soude de bleu de méthylène) fournit des images toutes différentes. A un certain degré de régression de la coloration, les parois transversales apparaissent colorées en rouge et dans le cytoplasme bleu, on observe un ou deux corpuscules érythrophiles qu'aucune des autres techniques ne met en évidence et qui correspondent aux paranucléosomes de M. et Mme Hollande. Enfin, dans les préparations les mieux réussies, on aperçoit, coloré en bleu, le filament axial que l'on obtient par les colorations postvitales et que M. et Mme Hollande ont considéré comme la figure de division de leur nucléosome. Par contre, ni dans les préparations que nous ont obligeamment communiquées M. et Mme Hollande, ni dans les nôtres, nous n'avons pu observer le nucléosome au repos de ces auteurs. Si l'on prolonge la régression, les paranucléosomes et les cloisons transversales se décolorent et l'on aperçoit alors les corpuscules métachromatiques que masquait la coloration de ces éléments. Ces corpuscules qui présentent les mêmes caractères que ceux des Champignons n'ont pas été vus par M. et Mme Hollande, à moins qu'ils n'aient été pris pour des nucléosomes au repos. Dans les stades ultérieurs, les paranucléosomes et le filament axial cessent d'être visibles et l'on obtient alors les mêmes figures que celles que donnent les colorations postvitales et que l'on retrouve également par toutes les autres techniques.

Il reste à interpréter les figures obtenues par la méthode aux éosinates. Les paranucléosomes, qui n'ont rien de commun avec la métachromatine, présentent une ressemblance frappante par leur dimensions aussi bien que par leur localisation avec les grains lipoïdiques visibles sur le vivant et que les autres méthodes font apparaître avec l'aspect de vacuoles. Leur coloration est inconstante et les cellules qui les renferment ne montrent ordinairement pas de vacuoles et inversement. On observe d'ailleurs tous les intermédiaires entre des paranucléosomes fortement colorés et des paranu-

cléosomes à aspect de vacuoles à peine colorés ou à coloration localisée à la périphérie. En colorant par le bleu de méthylène une préparation fraîche préalablement traitée par le Soudan, on obtient des images tout à fait superposables à celles que donnent les éosinates, avec cytoplasme bleu et grains lipoïdiques rouges. D'autre part, les préparations fixées par l'alcool-éther ne donnent plus de coloration des grains lipoïdiques par le Soudan, mais ceux-ci peuvent encore être colorés par le bleu d'indophénol. Ces grains ne sont donc que partiellement dissous par l'alcool-éther et laissent un résidu encore colorable par le *bleu d'indophénol*. Ces faits nous amènent donc à considérer les paranucléosomes comme correspondant aux grains lipoïdiques visibles sur le vivant. Ces corps toutefois cessent généralement de se colorer par les éosinates dans les stades ultérieurs. Quant au filament axial, il ne peut être regardé comme un artifice de préparation, puisqu'il se retrouve d'une manière plus constante par les colorations postvitales. Il correspond au filament chromatique décrit par quelques auteurs dans certaines phases du développement de diverses Bactéries (Schaudinn, Swelleng-Rebel, Dobell) et que nous avons nous-même observé d'une manière très nette dans un Bacille de l'Intestin des Oursins (1909). Il rappelle beaucoup le corps central que nous avons récemment mis en évidence dans le *Thiodictyon elegans*. Bien que n'étant représenté que dans les stades jeunes, il pourrait être assimilé au corps central des Cyanophycées. Cette interprétation laisserait entrevoir un lien entre les Bactéries et les Cyanophycées, admis par beaucoup d'auteurs, mais que jusqu'ici la Cytologie n'avait pu confirmer.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le dégagement d'acide cyanhydrique par certains Champignons*. Note de M. **Marcel Mirande** [1], présentée par M. L. Mangin.

On sait d'après les observations d'A. von Löseke, Greshoff, H. Guyot, René Maire, J. Offner, etc. que certains Champignons à chapeau, tels que *Marasmius oreades*, *Clitocybe geotropa*, *C. fragrans*, *C. cyathiformis*, *C. infundibuliformis*, *Collybia dryophila*, *Pleurotus porrigens*, *Trametes amyg-*

(1) Note rédigée par M. J. Offner, d'après les observations inachevées de M. Marcel Mirande, décédé en 1930.

dalea, etc. dégagent de l'acide cyanhydrique. Une odeur plus ou moins perceptible d'amandes amères est exhalée par ces espèces et il est facile de reconnaître la présence du corps en question à l'aide du papier picro-sodé de Guignard. Ce papier, jaune soufre, prend une coloration rouge brique caractéristique sous l'influence des vapeurs d'acide cyanhydrique, par formation d'acide isopurpurique.

Plusieurs questions se posent au sujet de ce dégagement d'acide cyanhydrique. Toutes les parties des champignons en émettent-elles ? Le phénomène est-il soumis à certaines conditions ? L'acide cyanhydrique existe-t-il à l'état libre ou bien à un état combiné qui sans cesse se détruit par l'action de quelque diastase ? Les observations suivantes, relatives à *M. oreades*, pourront aider à répondre à ces questions.

Le mycélium du champignon n'émet pas d'acide cyanhydrique. En opérant avec des carpophores très jeunes, ayant à peine $0^{cm},5$ de diamètre, on constate déjà le dégagement. Le péridium des individus adultes en dégage plus que le pied, et le phénomène se poursuit de plus en plus lentement jusqu'à la dessication complète. L'hyménium en dégage plus que la chair et il semble que les spores elles-mêmes n'en dégagent pas. Cependant si l'on fixe avec une épingle des péridiums de *M. oreades* à quelques millimètres de hauteur au-dessus d'une feuille de papier picro-sodé, on voit les spores, blanches dans cette espèce, dessiner en tombant sur le papier une auréole rouge brique. Ce qui peut s'expliquer par le fait que les spores, étant légèrement humides, dissolvent le réactif qui les colore en jaune, et sont ensuite colorées en rouge brique comme le papier lui-même par l'acide cyanhydrique que dégage le chapeau.

Des carpophores vivants, placés dans l'eau, émettent de l'acide cyanhydrique à travers ce liquide. A l'ébullition, ils en donnent davantage; ils sont alors tués, et après refroidissement, on constate qu'il n'y a plus de dégagement. Mais si on les fait bouillir de nouveau dans l'eau, le dégagement se produit encore une fois; l'opération peut être recommencée le lendemain et donne le même résultat. On peut aussi opérer avec des champignons desséchés depuis plusieurs semaines, et le dégagement a encore lieu comme à l'état vivant. La cuisson ne détruit donc pas la substance cyanogène, mais cette matière ne dégage de l'acide cyanhydrique qu'à la température de 100°, et c'est peut-être la raison pour laquelle ces champignons couramment consommés, et naturellement à une température inférieure à celle de l'ébullition, ne déterminent jamais d'accidents.

En opérant avec *Clitocybe geotropa*, le dégagement d'acide cyanhydrique

dans l'eau, à froid, n'a pas été constaté, tandis qu'à chaud le phénomène a lieu même avant l'ébullition. Le pied n'émet à froid que des traces d'acide cyanhydrique, mais à chaud il en dégage comme le péridium, la chaleur semblant ici nécessaire pour décomposer la substance cyanogène.

L'alcool ne détruit pas cette substance dans *M. oreades*; des champignons ayant macéré dans l'alcool pendant plusieurs jours, puis ramollis et soumis à l'ébullition dans l'eau, donnent encore de l'acide cyanhydrique. On obtient les mêmes résultats avec l'éther qui déplace un liquide huileux, coloré en brun rougeâtre par des pigments.

On peut enfin essayer de localiser la matière cyanogène dans le carpophore de *M. oreades* en le soumettant à l'action des réactifs de l'acide cyanhydrique. En traitant une coupe longitudinale et médiane d'un carpophore successivement par une solution alcoolique de potasse caustique, par une solution ferroso-ferrique à chaud et par de l'acide chlorhydrique dilué, on voit se dessiner dans le pied des lignes bleu de Prusse à peu près parallèles à l'axe qui s'élèvent presque jusqu'au sommet du péridium et avant de l'atteindre se dirigent vers ses bords, d'où elles s'incurvent pour pénétrer dans les lamelles; puis elles se ramifient dans chaque lamelle en deux branches principales : la coupe transversale d'une lamelle montre ces deux lignes sous forme de deux points bleus situés de chaque côté près de l'hyménium et à peu près à mi-hauteur de la lamelle. De cette localisation très particulière, on peut conclure qu'il y a dans *M. oreades* un véritable appareil sécréteur, qu'on pourrait même appeler appareil excréteur d'acide cyanhydrique bien individualisé. On observe facilement au microscope la présence de granulations de bleu de Prusse, animées de mouvements browniens, dans les hyphes sécrétrices.

BIOLOGIE. — *Observations aériennes pour le repérage des bancs de thons et possibilité de l'étude directe de leurs migrations.* Note de M. **H. Heldt**, présentée par M. L. Joubin.

Le 24 mai dernier j'ai pu effectuer deux vols d'observation au-dessus des thonaires de C. Spartel et d'Arzila (Maroc espagnol) à bord du Caudron de tourisme-type Luciole de 85 CV piloté par M. M. Devoize.

La visibilité, très mauvaise durant la sortie du soir du fait d'un soleil voilé, de l'éclairage oblique et de la mer moutonneuse, fut par contre

excellente au cours du vol du matin, de 9^h30^m à 11^h, malgré la houle qui déjà se formait sous un vent de NW.

Les observations furent parfaites entre 200 et 650^m, altitudes auxquelles nous avons opéré. Les zones d'eaux troubles se délimitaient par des contours bien marqués à l'embouchure des oueds, s'épanouissant jusqu'à plus de 2 milles au large. Les installations des madragues se dessinaient sur l'eau et l'on pouvait suivre en profondeur les nappes des filets couchées sous l'effet du courant. Aucun poisson ne se trouvait dans les chambres de la thonaire du cap Spartel. La madrague d'Arzila était également vide mais deux vastes taches de sang, près du corpo, indiquaient qu'une levée venait d'être faite.

A 9^h50^m nous avons croisé, à environ 1^{km} au vent de la thonaire de Spartel, deux thons isolés, d'environ 150^{kg}, se dirigeant vers la madrague. Après avoir exploré plus au large sans autre rencontre, nous avons pu les retrouver au moment où ils s'engageaient dans les filets : l'un d'eux avait déjà franchi l'entrée ou « bocca »; l'autre, ayant fait tête contre le bras de terre, essayait de le contourner en le suivant vers le rivage; ne trouvant pas d'issue, il revint vers le large, donnant force coups de queue au barrage qu'il longeait toujours et se fit prendre à son tour.

Si des poissons isolés peuvent ainsi facilement être aperçus, observés, retrouvés, les bancs, *a fortiori*, doivent être aisément découverts par l'avion.

En fait ils l'ont été. Le 22 mai, à bord du même appareil et dans les mêmes parages, plusieurs passagers purent apercevoir, au cours de baptêmes de l'air, le cortège imposant de milliers de thons poursuivis par de grands cétacés. D'intéressantes précisions nous ont été fournies à ce sujet par le chef pilote et les observateurs eux-mêmes. Le banc s'étendait sur une longueur de 2 ou 3^{km}; il se présentait en fuseau allongé et tronqué dont l'axe, rigoureusement rectiligne, se dirigeait vers Gibraltar.

Déjà, en 1927, fin mai, le même pilote, M. Devoize, alors qu'il exécutait le plan photographique de la zone de Tanger, avait aperçu un banc de thons, en formation identique, faisant route droit sur la côte, au vent de la madrague de Spartel, quelques heures plus tard, le directeur de cette thonaire lui présentait, à son usine, 1200 de ces thons capturés en une seule levée.

Ces renseignements, joints à nos observations personnelles, vérifient la possibilité d'une étude directe des migrations des thons. Ils apportent une éclatante confirmation aux prédictions de M. L. Joubin qui, dès 1918, préconisait l'application des appareils aériens aux pêches maritimes.

Il est possible avec l'avion de découvrir des bancs de thons, de les repérer, d'estimer leur importance, le sens de leur déplacement et la vitesse de leur marche, de noter les passages les plus fréquents et de déterminer ainsi les emplacements les plus favorables pour le calage des madragues.

L'avion peut avoir au cours des pêches un rôle actif en servant d'indicateur des bancs pour la seinche ou la courantille, en permettant, sur un avis donné à temps, de rabattre les bancs vers les thonaires par un barrage opportun, en donnant la chasse aux *Grampus* qui poursuivent les thons, les disséminent ou les détournent de leur route. Il pourrait réussir également des marquages de thons par fléchettes numérotées sur les bancs en surface en dehors de la zone d'action des thonaires en vue de résoudre de façon irréfutable la question toujours discutée du passage des thons de l'Atlantique dans le bassin méditerranéen.

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur les débits du lait et de la matière grasse dans la lactation humaine*. Note de M[me] C. **Vincent** et M. **J. Vial**, présentée par M. E. Leclainche.

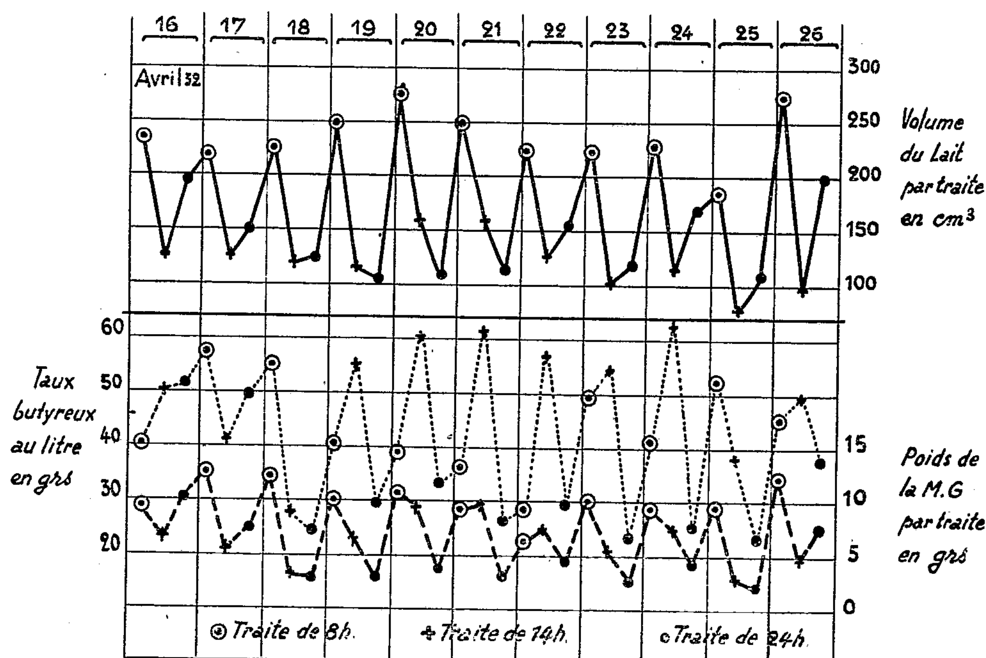
La variabilité du taux butyreux du lait de chacune des diverses *traites complètes* d'une femelle laitière domestique est un fait aujourd'hui hors de discussion. A vouloir l'établir chez la femme, on se heurte à de nombreuses difficultés; les observations jusqu'ici recueilies ne portent que sur un petit nombre de mulsions *en général incomplètes*, si bien qu'il est malaisé de comparer les documents qu'on en extrait à ceux, si nombreux, qui ont été obtenus chez la vache, la chèvre, la brebis, bref, sur toute femelle domestique lactante qu'il est possible de *traire aisément à fond*.

L'une de nous, très bonne nourrice, s'est assujettie, pour son troisième enfant, né le 25 mai 1931, depuis le 4 janvier dernier, c'est-à-dire du 7[e] mois de la lactation jusqu'à ce jour, à effectuer la mulsion complète de ses deux seins, dans des conditions toujours identiques, à 8[h], 14[h] et à 24[h]. Le lait était recueilli dans un flacon gradué et stérile : on en notait la quantité et c'est sur celle-ci, après une agitation suffisante pour rendre la liqueur homogène, qu'était prélevé l'échantillon destiné à l'analyse.

Nos observations ont porté surtout sur les quantités recueillies et sur leur richesse en matière grasse. Que l'on compare entre elles les trois prises de la journée ou les prises homologues (c'est-à-dire de la même heure) de jours différents, se suivant ou non, on doit relever la *variabilité des quantités recueillies*. La récolte du matin est généralement, et de beaucoup, la

plus abondante. Elle représente depuis 1,5 fois jusqu'à 2,5 fois la moyenne des deux autres. La récolte de 14^h est dans l'ensemble un peu plus faible que celle de minuit, dont elle se rapproche, toutefois, assez sensiblement.

Le taux butyreux des laits recueillis montre également une extrême variabilité. Qu'on effectue trois mulsions journalières, comme d'habitude, ou six, comme cela fut fait pendant 8 jours, la richesse de *l'échantillon moyen de la journée* en matière grasse a oscillé entre 25^g et 45^g au litre.



Si l'on compare, cette fois, *les laits des mulsions d'un même jour* ou *ceux des mulsions homologues de plusieurs jours consécutifs*, nous relevons également des oscillations dont les amplitudes sont encore plus grandes que les précédentes, puisque le taux butyreux oscille entre 18^g et 65^g par litre.

Il est difficile de dire que telle mulsion de la journée est régulièrement plus riche que les autres : constatons, cependant, que le lait de 14^h présente plus souvent que les deux autres le taux butyreux maximum.

La détermination du poids de la matière grasse sécrétée, lequel résulte du produit de la quantité de lait par son taux butyreux, nous montre qu'il est plus élevé le matin qu'à 14^h et à minuit, ce qui tient à l'abondance particulière de la mulsion de 8^h. Si, de son côté, la quantité de matière grasse

recueillie à 14^h est souvent plus grande que celle de la mulsion de minuit, cela tient au taux butyreux généralement plus élevé du lait obtenu à 14^h.

Les courbes que nous avons pu établir nous permettent de relever les trois points suivants :

a. La courbe des taux butyreux présente des variations indépendantes de celles des quantités de lait sécrété ;

b. La courbe des quantités de matière grasse présente des variations du même ordre que celles des quantités de lait sécrété ;

c. On peut noter dans l'ensemble un certain parrallélisme entre la courbe des taux butyreux et celle des quantités de matière grasse produite.

Le graphique joint est une portion de onze jours des courbes établies pendant deux mois. Celles-ci présentent le même aspect général que toutes celles du même ordre qui ont été obtenues avec les femelles lactantes domestiques; elles traduisent ainsi une variabilité qui répond à un fait physiologique indiscutable, mais dont l'explication nous échappe encore.

Les observations faites sur d'autres nourrices, qui n'ont pu se plier à la discipline rigoureuse et pénible imposée par les recherches relatées ici, nous permettent toutefois de confirmer cette variabilité étendue et d'allure très irrégulière du taux butyreux du lait de femme, examiné dans *des conditions qui jusqu'ici n'ont jamais été réalisées*.

PHYSIOLOGIE. — *Équilibre glycémique et sécrétions digestives.* Note de MM. **L. Bugnard** et **C. Soula**, présentée par M. L. Lapicque.

Nous avons étudié le retentissement des sécrétions digestives sur la constance du milieu intérieur.

La sécrétion gastrique réalise une spoliation d'acide considérable et brusque, de l'ordre de plusieurs centimètres cubes d'acide chlorhydrique fumant, s'étendant sur quelques quarts d'heure. Celle-ci est suivie d'une spoliation alcaline à peu près équivalente, en grandeur et en durée, au moment où s'établissent les sécrétions du pancréas, de l'intestin et du foie.

Il nous a semblé que ces deux sollicitations inverses étaient de nature, par leur répercussion sur la composition du milieu intérieur, à exercer une influence sur le fonctionnement des systématisations nerveuses végétatives; d'une manière plus précise, que la vague alcaline humorale résultant de la sécrétion gastrique acide, puis la vague acide humorale conséquence des

sécrétions intestinales alcalines, devaient avoir un retentissement sur les mécanismes régulateurs de la constance du milieu intérieur.

L'emploi des termes de vague alcaline et de vague acide correspond à une vue de l'esprit, car le pH sanguin n'est pas sensiblement modifié au cours de l'acte digestif. Mais cette fixité du pH n'est due qu'au fonctionnement des réactions régulatrices; il y a mise en jeu des mécanismes correcteurs de l'alcalinisation, puis des mécanismes correcteurs de l'acidification du milieu intérieur.

Nous avons cherché à rendre évident le retentissement général sur l'économie de cet ébranlement de l'équilibre acidobasique du sang qui correspond au temps de l'acte digestif que l'on désigne par le terme de contrôle pylorique.

Dans une première série d'expériences nous avons mis en évidence, par un artifice expérimental, le retentissement de la vague alcaline gastrique sur la régulation glycémique.

Dans les conditions de l'acte digestif normal, la vague acide intestinale s'installe dès la première évacuation pylorique et contrarie dès lors la vague alcaline gastrique qui se poursuit simultanément. Les deux sollicitations alcalinisante et acidifiante ne s'exercent séparément, la première que pendant le temps qui s'écoule entre le début de la sécrétion gastrique et la première ouverture du pylore, la deuxième qu'à partir de la fin de l'évacuation gastrique jusqu'au tarissement des sécrétions intestinales.

Pour établir une vague alcaline isolée, nous avons déclenché la sécrétion psychique du suc gastrique sur des animaux œsophagotomisés porteurs d'une fistule gastrique, selon les méthodes de Pawlow. Le suc gastrique sécrété était draîné à l'extérieur par la fistule gastrique de façon à éviter la mise en jeu des sécrétions alcalines de l'intestin et l'on pouvait ainsi créer une vague alcaline non compensée. De plus on était à l'abri de tout phénomène d'absorption susceptible de modifier la composition du milieu intérieur.

Nous avons toujours constaté une élévation de la glycémie qui a varié entre $0^g,15$ et $0^g,25$ pour 1000, et qui s'est étendue sur toute la période de travail sécrétoire de l'estomac.

Dans les expériences où la sécrétion psychique ne s'est pas établie, la glycémie n'a pas été modifié.

Conclusion. — Le travail sécrétoire isolé de l'estomac, dans des conditions qui excluent tous phénomènes d'absorption puisqu'il s'agit de sécrétion psychique, s'accompagne d'une hyperglycémie transitoire.

Dans une deuxième série d'expériences, nous avons laissé suivre son

cours normal au suc gastrique sécrété. Pour éviter les objections soulevées par l'absorption digestive nous avons opéré sur des chiens à petit estomac de Pawlow. Avec ces animaux le temps et l'intensité de sécrétion psychique peuvent être suivis grâce à la sécrétion du petit estomac, tandis que le suc sécrété dans la grande poche franchit très rapidement le pylore et met en jeu les mécanismes sécrétoires duodénaux.

Dans ces conditions le déclenchement du travail sécrétoire de l'estomac n'a plus déterminé d'hyperglycémie. Nous supposons que l'influence de la vague alcaline gastrique, hyperglycémiante, a été corrigée par l'influence de sens opposé d'une vague acide intestinale rapidement consécutive.

Nous avons ensuite cherché à produire une vague acide isolée. L'expérience demandait d'être tentée sur des animaux ayant subi une gastrectomie totale. Nous n'avons pas, jusqu'à présent, réussi à conserver, après gastrectomie totale, des chiens en vie assez longtemps pour constituer un matériel d'expériences. Nous n'avons pu faire porter notre expérimentation que sur des animaux ayant subi une gastrectomie subtotale. Sur l'un de ces animaux, chez lequel le temps de passage dans la cavité gastrique était pratiquement nul, nous avons déclenché les sécrétions intestinales par un repas de 100^g de viande. Deux heures après, nous avons noté un abaissement de la glycémie de $0^g,15$ qui s'est maintenu pendant une heure et demie. Nous nous bornons à signaler le fait dès à présent, car notre intention est de lui consacrer une expérimentation plus rigoureuse.

L'hypoglycémie qui accompagne la vague acide nous paraît pouvoir être rapprochée de l'hypoglycémie concomitante de la sécrétion externe du pancréas, mise en évidence par E. Gley, Zunz et leurs élèves. Cette hypoglycémie est généralement expliquée par les auteurs comme révélant une solidarité fonctionnelle du pancréas digestif et endocrine. Cette hypothèse pourrait également conduire à expliquer l'hyperglycémie qui accompagne la sécrétion gastrique par une inhibition de la fonction insulinienne.

Mais, même si l'on fait ressortir à l'insulinémie les variations de la glycémie relevant du travail des glandes digestives, et cette explication, au moins pour l'estomac, ne s'impose pas à notre avis, il n'en reste pas moins que ce travail sécrétoire digestif exerce une influence, qui n'a pas été étudiée, sur les systématisations neuro-végétatives présidant à la régulation de constance du milieu intérieur.

BIOLOGIE. — *Sur quelques observations au sujet du grand lac Amer (canal de Suez).* Note de M. **A. Gruvel**, présentée par M. L. Mangin.

Grâce à la bienveillance de la Compagnie universelle du Canal de Suez, il nous a été possible d'étudier, au commencement de l'année, une des parties les plus intéressantes de cette œuvre admirable, le grand lac Amer.

Après une étude d'ensemble rapide, nous avons reconnu, en effet, qu'au point de vue de l'étude zoologique et biologique des espèces marines qui circulent dans le canal, seules, les deux extrémités (Port Saïd et Suez) et les parties centrales (lac Timsah et, surtout, grand lac Amer) présentaient un réel intérêt. Partout ailleurs, dans les parties artificielles du canal, le travail constant des dragues, le passage fréquent des navires de tout tonnage, troublent les animaux et les empêchent de stabuler.

Si donc l'on veut se rendre sérieusement compte de la marche des espèces à travers le canal, il importe seulement d'étudier les deux extrémités et le centre, c'est-à-dire les zones de stabulation.

Avant 1869, époque à laquelle fut ouvert le déversoir dans le Grand lac Amer, celui-ci constituait une immense saline, avec, au centre, une énorme masse mesurant $13^{km} \times 18$ formée de couches successives de sel marin, de carbonate de chaux et de sulfate de chaux en tous points semblables à certaines salines sublittorales de Mauritanie que nous avons longuement étudiées ailleurs.

La mise en eau de cette saline a eu pour effet de dissoudre, peu à peu, la très grande majorité du sel, en sorte que les dragages que l'on peut effectuer en profondeur ne ramènent plus aujourd'hui que des couches plus ou moins stratifiées de vase noirâtre, bourrée de cristaux de gypse, les uns très petits et constituant une sorte de feutrage serré, les autres isolés et beaucoup plus gros, atteignant parfois 5 ou 6^{m} de long, clino-rhombiques et parfaitement translucides.

Le résultat de cette transformation est que, dans la vase noire, caractéristique des eaux du Nil, qui recouvre toute la partie centrale du lac, la vie animale est complètement suspendue. On trouve bien, en quantité parfois énorme, des coquilles de mollusques, appartenant les uns à la faune érythréenne, les autres à la faune méditerranéenne, mais tous ces mollusques sont morts et les coquilles noircies par leur séjour dans la vase. Les poissons

eux-mêmes ne séjournent pas sur ces fonds de mort et lorsque les pêcheurs tendent leurs palangres dans cette partie centrale, avec comme appât des crevettes vivantes, ils ne capturent rien et les crevettes sont, au bout de très peu de temps, desséchées et friables, comme si elles avaient été placées au soleil pendant un certain temps. Seule la zone périphérique du lac est vivante.

Tandis qu'en surface, la densité de l'eau est à peu près constante et voisine de 1032-1033, en profondeur et prise exactement aux mêmes points, elle peut varier d'un jour à l'autre de 1035 à 1052 et plus.

Cette variation tout à fait irrégulière de la salinité dans le fond est due aux courants de marée qui se font sentir du golfe de Suez, au courant mormal qui, pendant environ 8 mois de l'année, va du Grand lac vers Port-Saïd et, aussi, peut-être même surtout, au passage des grands courriers qui chassent violemment de la profondeur, l'eau très salée qui est remplacée par de l'eau moins dense.

De tout cet ensemble résultent des conditions biologiques particulières qui influent sur les mouvements généraux des espèces animales.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Le pouvoir régénérateur des moitiés dorsale et ventrale de la paroi du corps, dans la région céphalique, chez les Lombriciens.* Note de M. **Marcel Avel**, présentée par M. M. Caullery.

J'ai publié précédemment (*Comptes rendus*, 191, 1930, p. 78, et 194, 1932, p. 2166) le résultat des expériences que j'ai effectuées sur le rôle de la chaîne nerveuse ventrale dans la régénération de la tête chez les Lombriciens. La présente Note est consacrée à l'étude analytique du rôle des diverses régions de la paroi du corps dans la régénération de la tête chez les mêmes animaux. J'appellerai pour abréger *tégument ventral* l'ensemble des tissus (épiderme, conjonctif, muscles) de la paroi ventrale du corps jusqu'aux soies latérales comprises; et *tégument dorsal* les tissus correspondants, du côté dorsal, jusqu'aux soies latérales non comprises. Les segments seront numérotés, même s'ils sont transplantés loin de leur place normale, d'après leur emplacement primitif dans l'animal intact. Les expériences ont porté sur *Allolobophora terrestris*, *A. longa*, *Lumbricus terrestris* et *Eisenia fœtida*.

1. *a.* Dans une première série d'expériences, j'ai remplacé le tégument dorsal par le tégument ventral (avec sa chaîne nerveuse) des segments

correspondants, du 3e au 10e ou 11e segment, et, après prise parfaite du greffon, j'ai amputé l'animal de ses 5 premiers segments. La paroi de la section, normale ventralement, est formé dorsalement par le tégument ventral transplanté, et ne présente pas de tégument dorsal. Ces sujets ont régénéré *une tête double*, dont les deux composants, produits chacun par le tégument ventral correspondant, étaient normalement orientés par rapport à ce dernier, et étaient soudés l'un à l'autre par leur face dorsale sur une partie ou même la totalité de leur longueur.

b. J'ai réalisé l'expérience inverse : remplacement du tégument ventral des segments 3 à 10 (la chaîne nerveuse n'étant pas touchée) par le tégument dorsal correspondant puis, après guérison parfaite, ablation des 5 premiers segments. La paroi de la section, normale dorsalement, est formée ventralement par le tégument dorsal transplanté, et est dépourvue de tégument ventral. Dans ces conditions, la régénération fait totalement défaut chez un certain nombre de sujets; d'autres présentent un régénérat minuscule qui ne s'organise pas; d'autres encore un régénérat filiforme et segmenté, mais très incomplet; un petit nombre, enfin, régénèrent une tête s'insérant sur toute la section mais *toujours unique*, très petite, orientée normalement par rapport au sujet, à laquelle le greffon ne semble ainsi pas avoir pris part.

Le tégument ventral semble donc toujours posséder le pouvoir de régénérer à lui seul une tête complète, tandis que le pouvoir morphogène du tégument dorsal paraît plus inconstant, et toujours beaucoup plus faible.

2. Dans les expériences précédentes, la section présentait toujours, outre le tégument, le tube digestif, la chaîne nerveuse et les tissus mésodermiques avoisinants de la région céphalique. J'ai pu étudier le pouvoir régénérateur du tégument seul en transplantant la portion de tégument à étudier dans une région complètement dépourvue par elle même de pouvoir régénérateur. A partir du 25e segment environ le pouvoir de régénérer une tête fait, en effet, totalement défaut. Cette propriété m'a conduit à effectuer les deux expériences suivantes, sur *Eisenia fœtida :*

a. Remplacement du tégument *ventral* seul, du 27e au 37e segment, par le tégument *ventral* seul (sans la chaîne nerveuse correspondante) des segments 4 à 11, puis, après guérison, ablation complète de l'extrémité antérieure du corps par une section passant entre les segments 5 et 6 du greffon. Sur 13 sujets, 10 ont régénéré dans les délais normaux une tête bien conformée et assez grande.

b. Remplacement du tégument *dorsal*, du 27e au 37e segment, par le

tégument *dorsal* seul des segments 4 à 11, puis section après guérison entre les segments 5 et 6 du greffon. Sur 15 sujets, 4 seulement ont régénéré une tête bien conformée, mais toujours petite, et au bout d'un temps extrêmement long.

Ces expériences, et d'autres encore qui seront publiées dans un Mémoire complet, confirment les résultats de la première série de recherches.

J'ai pu pousser l'analyse plus loin. J'ai répété les expériences (1, *b*), en laissant en place, sous le tégument dorsal greffé ventralement, une petite bande du tégument ventral du porte-greffe, en face de la chaîne nerveuse. Dans ces conditions, après section, la régénération d'une tête devient pratiquement constante, et le régénérat est de taille à peu près normale. Le résultat est identique si la peau (épiderme + conjonctif) de la bande de tégument ventral est détruite, au moment de la greffe de tégument dorsal, par brûlure profonde au thermocautère, les tissus mésodermiques (muscles, etc.) subsistant seuls.

En dernière analyse, les potentialités morphogènes qui se manifestent par la régénération de la tête après son ablation, chez les Lombriciens, sont donc localisées surtout dans la paroi *ventrale* du corps (la chaîne nerveuse étant exclue) et particulièrement *dans les tissus mésodermiques* de cette région.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action biologique de rayons X monochromatiques de différentes longueurs d'onde sur l'œuf d'*Ascaris. Note de M. **A. Dognon**, présentée par M. A. Desgrez.

Ces recherches ont eu pour but de contrôler et de préciser, avec une technique améliorée, les résultats que j'avais apportés ici même en 1925 [1] et qui apparaissaient contraires aux notions jusque-là admises. Le problème a consisté dans la comparaison des courbes de mortalité de préparations d'œufs d'*Ascaris megalocephala* soumises pendant des temps croissants à des radiations bien définies et d'énergie exactement mesurée.

Les radiations utilisées produites avec le même tube d'anticathode bimétallique ont été les suivantes :

1° $\lambda = 2,28\,\text{Å}$ (K_α du chrome); tension d'excitation 10 K.V. continus; filtre sélectif d'acide vanadique de $0^{mm},2$.

2° $\lambda = 1,54\,\text{Å}$ (K_α du cuivre); 13 à 15 K.V. filtre de nickel de $0^{mm},02$.

---

(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 694.

3° $\lambda = 1,1$ Å : radiation moins homogène, découpée dans le fond continu d'une antcathode d'or ou de molybdène, excitée sous 18-20 K. V., par un filtre d'aluminium de 0mm,26. Coefficient d'absorption dans l'aluminium $\mu/\rho = 17$.

4° $\lambda = 0,7$ Å ($K_\alpha K_\beta$ du molybdène); 28-30 K. V. filtre de molybdène de 0mm,035.

Mesures. — Effectuées à l'aide d'une chambre d'ionisation conique de 10cm de hauteur, à électrode axiale, diamètre de l'orifice d'entrée : 4mm. Cette chambre a été contrôlée par une chambre cylindrique à électrodes planes parallèles munie d'une électrode de mesure de 3cm et électrodes de garde de 4cm.

Pour la radiation de plus grande longueur d'onde, quelques corrections, d'ailleurs minimes, et de sens inverses, sont à apporter pour l'absorption de la chambre d'une part et celle du matériel biologique d'autre part.

Les préparations, de 2 à 3mm de diamètre, comprennent 2 à 300 individus répartis en une seule couche à sec. Il y en a 6 pour chaque radiation, soumises à des temps de pose allant de 15 à 100 secondes.

Résultats. — On a comparé les courbes de mortalité obtenues avec les radiations précédentes, prises deux à deux, les intensités restant égales.

1° *Comparaison de* $\lambda = 2,29$ *et* $\lambda = 1,54$ Å. — Les courbes sont presque exactement superposables, la radiation 2,28 Å ayant cependant, d'une façon constante, une action plus marquée. Le rapport d'action est compris entre 1,10 et 1,15.

2° *Comparaison de* $\lambda = 1,54$ *et de* $\lambda = 1,1$ Å. — Discordance manifeste. La forme des courbes restant sensiblement la même, la radiation 1,54 Å se montre nettement plus active. Le rapport d'action dans les diverses expériences s'est montré compris entre 1,35 et 1,60.

3° *Comparaison de* $\lambda = 1,1$ *et* $\lambda = 0,7$ Å. — Courbes exactement superposables. Les différences sont toujours inférieures à 10 pour 100. Action identique.

Discussion. — Les résultats précédents montrent que, dans le cas de la cellule étudiée, l'action des rayons X, à énergie absorbée égale, décroît brusquement à partir de K_α du cuivre ($\lambda = 1,54$ Å) et reste ensuite constante jusqu'à la plus courte λ étudiée (0,7 Å). Ce fait, qui est intéressant pour la compréhension du mécanisme d'action et qui confirme entièrement mes observations antérieures, paraît pouvoir être expliqué par l'hypothèse suivante :

Étant admis que la lésion cellulaire étant sous la dépendance du nombre

d'ions formé dans la *zone sensible*, c'est-à-dire, toutes choses égales, du nombre d'électrons qui l'atteignent, nous avons deux effets opposés : d'une part, un certain nombre d'électrons extérieurement libérés tomberont dans la zone sensible, mais, inversement, des électrons provenant de cette dernière seront projetés à l'extérieur et perdus.

Si cette zone sensible est constituée par un corps de nombre atomique supérieur à celui du protoplasme environnant (phosphore), elle perdra en moyenne plus d'électrons qu'elle n'en recevra, dès que leur parcours deviendra supérieur à son rayon, et jusqu'à une certaine limite. Ceci va entraîner une diminution de l'action biologique pour une fréquence correspondant, à peu près, à ce parcours. Lorsque ce dernier devient relativement grand, nous devons retrouver l'identité d'action.

Pour examiner la vraisemblance de l'hypothèse précédente, calculons le diamètre de la zone sensible : d'après la forme des courbes, le *seuil*, ou nombre de quanta qui doit être absorbé pour amener la mort est constant et égal à 5. D'autre part, l'énergie reçue par unité de volume du protoplasme au point d'inflexion de la courbe (environ 60 pour 100 de survivants) est comprise entre 240 et 120.10^{-9} erg par μ^3. A partir de ces données, on calcule, pour $\lambda = 1,54$ Å, un volume dont le diamètre peut varier de $0^\mu,75$ à 1^μ environ. Le parcours dans le protoplasme d'un électron correspondant à cette fréquence est de $1^\mu,7$, il est réduit à $1^\mu,2$ si l'on soustrait de son énergie, comme il est normal, l'énergie d'extraction du niveau K du phosphore, dont nous le supposons arraché. Nous tombons donc sur des ordres de grandeur qui concordent bien avec l'hypothèse énoncée. Si elle est exacte, le point où se manifeste la diminution d'action doit être repoussé vers les faibles fréquences lorsque la zone sensible diminue, c'est-à-dire, en gros, lorsque la sensibilité de la cellule décroît.

Pour des radiations de très courte longueur d'onde, on doit être ramené, par suite de la prédominance des électrons lents de l'effet Compton, au cas des très faibles fréquences, et, par suite, l'effet biologique doit augmenter de nouveau. C'est bien ce que nous avions observé, et ce qu'a ensuite retrouvé Zuppinger [1] sur le même objet. Le même résultat peut encore être tiré de mes expériences actuelles : elles donnent, en effet, une dose moyenne de 3000 *r* comme nécessaire pour produire 50 pour 100 d'œufs lésés avec $\lambda = 1,7$ Å, tandis que Zuppinger et d'autres trouvent environ 600 à 1200 *r* pour des rayons X pénétrants.

---

(1) *Strahlentherapie*, 28, 1928, p. 640.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *De la présence d'un pigment voisin de la* prodigiosine *chez un* Actinomyces *pathogène*. Note de MM. **A.** et **R. Sartory, J. Meyer** et **M. Antonioli.**

Le pigment que nous avons étudié provient d'un *Actinomyces* rouge nouveau, *Actinomyces Allenbachii* qui rentre dans les microorganismes parachromopares.

En ce qui concerne les conditions d'apparition du pigment nous pouvons dire ici que la concentration en ions H du milieu, l'exposition aux différentes lumières et températures n'interviennent pas. Il en est de même pour l'influence de l'oxygène.

La non-apparition du pigment pour les cultures immergées dans les milieux liquides doit être attribuée probablement à une hydrolyse qui transformerait la matière colorante en un leucodérivé incolore.

La concentration du milieu en ions H exerce une influence sur l'intensité et la variation des teintes; les substances quaternaires, sans être d'une nécessité absolue pour l'apparition du pigment doivent cependant jouer un rôle favorable au point de vue de l'intensité de la coloration. Quant aux substances ternaires elles se comportent bien différemment les unes par rapport aux autres: la glycérine favorise l'apparition de la substance chromogène; les sucres semblent affaiblir le pouvoir colorant. Les éléments minéraux ne sont pas indispensables, mais signalons toutefois que le sulfate de magnésie a une action stimulante sur la production du pigment.

Afin d'isoler la matière colorante on a traité les cultures de la manière suivante : action de l'alcool à 95°; filtration et évaporation dans le vide; le résidu est repris par l'alcool absolu. Par addition d'eau on précipite la substance chromogène de sa solution. On la recueille par centrifugation et elle est redissoute dans l'alcool. La solution est filtrée, évaporée dans le vide et reprise par l'éther anhydre. Le pigment reste en solution. Cette dernière est mise dans une ampoule à décantation et additionnée d'un volume d'eau identique. Nous agitons; nous laissons reposer; l'eau prend une teinte légérement jaunâtre. Après décantation et lavage à l'eau à plusieurs reprises, nous évaporons dans le vide. Le résidu qui reste présente l'aspect brun rougeâtre; il est insoluble dans l'eau; nous le dissolvons dans l'éther.

La solution du pigment dans l'éther est rouge, de même que dans l'alcool.

Si nous y introduisons quelques gouttes d'ammoniaque, elle passe à l'orangé. Si à 10^{cm^3} de solution alcoolique nous ajoutons deux gouttes de Soude N/10, nous obtenons une liqueur jaunâtre qui redevient rouge par addition d'eau distillée. Or toutes les réactions décrites ci-dessus ont été obtenues par Lasseur et Girardet au moyen de la prodigiosine.

Pour obtenir la substance chromogène à l'état cristallisé nous avons eu recours à la méthode de Wrede (traitement par la soude caustique à 10 pour 100, par l'alcool et l'éther de pétrole, évaporation, filtration; passage dans la solution d'un courant d'acide chlorhydrique gazeux, sec). Par ce procédé nous obtenons des cristaux hexagonaux de chlorhydrate. En faisant agir l'acide perchlorique sur la solution de chlorhydrate, la substance cristallise en perchlorate (cristaux en aiguilles).

L'analyse spectroscopique du pigment a été effectuée avec une solution renfermant $0^{mg},45$ de matière colorante pour 100 d'alcool pur à 96°, sous une épaisseur de 10^{mm}. On a obtenu les bandes suivantes : 1° de 5480 à 5250 Å; 2° de 5080 à 4900 Å.

Sous une épaisseur de 25^{mm} : 1° de 5530 à 5280 Å; 2° de 5050 à 4910 Å; 3° 4700 Å (?).

Le maximum d'absorption de ces bandes est : 1° 5380 Å; 2° 4960 Å; 3° 4700 Å (?).

En nous basant sur les propriétés chimiques et physiques et sur l'analyse spectroscopique de notre pigment, nous devons le rapprocher de la prodigiosine.

C'est la première fois, à notre connaissance, que cette matière colorante est signalée chez les *Actinomyces*.

ZOOLOGIE. — *Sur la larve de* Parachordodes alpestris (*Villot*). Note (¹) de M. **A. Dorier**.

A part quelques exceptions, les larves de Gordiacés ont été jusqu'à présent peu étudiées. Nos connaissances sur ce sujet peuvent se résumer ainsi : trois larves ont été l'objet d'une étude approfondie, à savoir, celles de *Gordius aquaticus* Duj. et *Parachordodes tolosanus* (Duj.) par Muhldorf (1914), et de *Paragordius varius* (Leidy) par Montgomery (1904). En

(¹) Séance du 20 juin 1932.

outre à défaut de description complète, on peut trouver dans les travaux de Villot (1874 et 1884) quelques indications sur les larves de *Paragordius tricuspidatus* (L. Duf.) et de *Parachordodes violaceus* (Baird).

J'ai eu l'occasion de récolter en mai, dans une petite source située près d'Ezy sur Noyarey (environs de Grenoble), une dizaine d'individus de *Parachordodes alpestris* (Villot) avec leurs pontes. Ceci m'a permis d'obtenir la larve, jusqu'ici inconnue, de cette espèce, dont voici une brève description.

Le corps de l'animal, long de 65 à 70^{μ}, est divisé en deux parties subégales par un septum. Le préseptum, formé de 15 anneaux, porte en avant un appareil perforant rétractile constitué par une trompe et 3 couronnes de spicules. La trompe, légèrement renflée au voisinage de l'extrémité antérieure, est soutenue par 3 stylets chitineux élargis en spatule à l'extrémité proximale et pourvus d'une épine mobile à l'extrémité distale. Les couronnes de spicules rappellent par leur forme et leur disposition celle de la larve de *Gordius aquaticus*. Les spicules sont toutefois plus courts et plus faiblement chitinisés.

Cet appareil perforant est mû par un système musculaire, qui occupe la totalité du préseptum. Un étroit canal, issu du postseptum, le traverse longitudinalement et vient se terminer à l'extrémité de la trompe.

Le postseptum, comprenant 20 ou 21 anneaux est légèrement plus long que le préseptum. Son extrémité postérieure est tronquée et présente un petit tubercule central et deux rangées latérales de 6 courtes épines. A l'intérieur les glandes brunes ont un grand développement et refoulent le sac intestinal vers l'extrémité postérieure du corps.

Observée *in vivo*, cette larve ne présente que de faibles déplacements. La trompe est projetée en avant 5 à 6 fois par minute et se trouve à l'état d'extension, accompagnée jusqu'à mi-hauteur par une partie de sa gaine. Le postseptum reste presque constamment incliné à 90° sur la partie antérieure du corps.

Par l'ensemble de ses caractères, la larve de *Parachordodes alpestris* se rapproche nettement des larves de *Parachordodes tolosanus* et de *Paragordius varius*. Par contre la conformation de son postseptum, qui est relativement court, tronqué postérieurement, et pourvu d'épines paires, permet de la distinguer aisément de la larve de *Gordius aquaticus*. Les caractères tirés de l'étude du postseptum peuvent donc servir à séparer, parmi les larves de Gordiacés actuellement connues, deux types morphologiques distincts :

I. Larves dont le postseptum, beaucoup plus court que le préseptum, est terminé en pointe effilée. Ex. : *Gordius aquaticus*.

II. Larves dont le postseptum, sensiblement égal au préseptum, est tronqué à l'extrémité postérieure, laquelle possède une ou plusieurs paires d'épines. Ex. : *Parachordodes tolosonus*, *P. alpestris*, *Paragordius varius*.

Cette division coïncide, dans une certaine mesure, avec la classification des Gordiacés adultes, le premier groupe correspondant aux Gordiacés à cuticule lisse; le second aux Gordiacés à cuticule aréolée. Cette conclusion ne peut avoir toutefois qu'une valeur provisoire, en raison de l'état fragmentaire de nos connaissances sur ce sujet.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Le lapin peut constituer un réservoir de virus pour la fièvre boutonneuse (exanthématique).* Note de MM. **Ch. Joyeux** et **J. Piéri**, présentée par M. F. Mesnil.

Les animaux connus comme réservoirs de virus pour la fièvre boutonneuse ou exanthématique sont : le spermophile d'Europe orientale : *Citillus citillus* L. (Blanc et Caminopetros), la souris blanche (Blanc et Caminopetros), le rat blanc (Durand et Laigret), la gerbille : *Gerbillus campestris* var. *dodsoni* Thomas, 1902 (Durand et Laigret), le chien (Durand).

En interrogeant les malades atteints de fièvre exanthématique que nous avons eu l'occasion d'observer dans la banlieue de Marseille, nous avons noté qu'ils sont assez souvent chasseurs et que leur gibier de prédilection est représenté par le lapin de garenne. Comme ce rongeur est porteur de tiques, nous avons pensé qu'il pouvait également constituer un réservoir de virus.

Nous avons utilisé comme animal d'expérience le lapin domestique, né et élevé au laboratoire, à l'abri de toute contamination. Lui ayant injecté dans la cavité péritonéale le sang de malade ou le produit de broyage de tique : *Rhipicephalus sanguineus* Lat., nous avons, au bout d'un certain temps, inoculé son encéphale broyé à des paralytiques généraux. Voici le résumé de nos expériences :

I. Avec des tiques hibernantes. Résultats nuls ou peu marqués.

Un lapin reçoit, en février 1932, le produit de broyage de 73 Rhipicéphales. Aucune poussée thermique. Au bout de 15 jours, il est saigné et son encéphale, broyé avec de l'eau physiologique, puis tamisé, est injecté à trois paralytiques généraux de l'asile d'aliénés de Marseille, mis aimablement à notre disposition par M. le Dr Wahl, auquel

nous adressons nos sincères remerciements. Deux malades font, au 15e jour, une très légère poussée thermique, ne dépassant pas 37°,7 et 37°,8.

En mars, expérience analogue. Quatre paralytiques généraux sont inoculés. L'un montre, au 14e jour, une poussée thermique à 38°,2 qui se maintient pendant 4 jours avec quelques éléments éruptifs insuffisamment caractéristiques. Un autre fait la poussée thermique au 16e jour, atteignant 38° et durant 8 jours. Un troisième, au 8e jour, accuse 38°,8; sa température reste élevée pendant 20 jours, mais sans éruption.

En avril, troisième expérience. Sur 4 malades, un seul a un mouvement fébrile, marqué à 38°,4 au 16e jour, durant 10 jours; les trois autres ne présentent qu'une poussée insignifiante.

II. Avec des tiques en activité et du sang de malade. Résultats nets.

En mai 1932, un lapin reçoit dans la cavité péritonéale 10$^{cm^3}$ de sang d'un malade au troisième jour de l'éruption. Un autre, le produit de broyage de 131 tiques, récoltées sur les chiens de chasse de ce malade. Les deux lapins présentent de légères oscillations thermiques. Au bout de 12 jours, ils sont sacrifiés, saignés à fond. Leur encéphale est broyé, tamisé et inoculé à quatre paralytiques généraux. Trois d'entre eux, entre le 8e et le 15e jour, font une poussée thermique atteignant 38°; avec éruption légère dans un cas. On prélève 40$^{cm^3}$ de sang aux deux malades présentant les symptômes les plus nets et le mélange est inoculé à deux nouveaux sujets. Tous deux, après 3 jours, ont une poussée atteignant 38°. Dans un cas, nous observons l'éruption typique de fièvre exanthématique classique généralisée, avec prédominance au thorax qu'elle couvre complètement, à l'abdomen où elle est très apparente, sur le dos, les bras, à la racine des cuisses. La face est peu atteinte.

Le lapin peut donc conserver, au moins dans son encéphale, le virus de la fièvre boutonneuse. Ce virus, comme nous l'avions déjà vu, semble atténué chez les tiques hibernantes.

M. Charles Fracque adresse un Mémoire sur les *Oscillations naturelles d'un système de circuits à condensateurs couplés entre eux*.

(Renvoi à la Section de Physique.)

A 16^{h}25^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^{h}35^m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MAI 1932 (*fin*).

Université de Paris. Observatoire de Nice. *Petites planètes. Tables de coordonnées héliocentriques et données concernant les oppositions.* Tome I, par G. FAYET. Paris, Les Presses universitaires de France, 1932; 1 vol. 33cm.

Description géométrique détaillée des Alpes françaises. Tome VI : *Massifs de Tarentaise*, par PAUL HELBRONNER. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1932; 1 vol. 33cm.

La géométrie et les imaginaires, par E. BOREL et R. DELTHEIL. Paris, Albin Michel, 1931; 1 vol. 19cm,5.

Leçons d'électrotechnique générale professées à l'École supérieure d'Électricité, par P. JANET. Tome I : *Généralités, courants continus.* Tome II : *Courants alternatifs sinusoïdaux et non sinusoïdaux alternateurs. Transformateurs.* Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1932; 2 vol. 25cm.

Cours d'Électricité générale de l'École navale, professé par E. HAUDIÉ. — Tome I : *Courants continus.* Première partie : *Électrocinétique. Électromagnétisme. Appareils de mesures. Aimantation induite.* — Tome II : *Courants continus.* Deuxième partie : *Circuits magnétiques. Induction. Dynamos et moteurs à courant continu.* — Tome III : *Électrostatique. Courants alternatifs. Ondes électriques et radiotélégraphie.* Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1932; 3 vol. 25cm,5.

International Astronomical Union. *Character Figures of Solar Phenomena*, 1923-1928. Volume I. Published by the Eidgen. Sternwarte in Zurich. Zurich, 1932; 1 vol. 31cm,5.

Le cause che determinano il sesso, par ENOC. Portici. N. Berenato, 1932; 1 fasc. 24cm.

Traité de Chimie minérale. — Tome VII : *Glucinium. Magnésium. Zinc. Cadmium. Aluminium. Gallium. Indium. Élaboration des métaux légers. Liants hydrauliques. Le verre et son industrie*, par J. BARDET, P. BAUD, C. DUVAL, Mlle G. MARCHAL, P. RENAUD, E. RENGADE, M. SAMSŒN, A. TCHAKIRIAN, D. TOMBECK, Mlle S. VEIL. Paris, Masson et Cie, 1932; 1 vol. 26cm.

Exposition coloniale internationale. Paris, 1931. Indochine française. Section des sciences. *L'Institut océanographique de l'Indochine.* Hanoï, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1931; 1 vol. 27cm,5.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT L'ANNÉE 1931.

EUROPE.

France.

AUTUN. — Société d'histoire naturelle : *Bulletin*, B 1322. (1)

AUXERRE. — Société des sciences historiques et naturelles de l'Yonne : *Bulletin*, B 1558.

BESANÇON. — *Annales françaises de chronométrie.*

BORDEAUX. — Académie nationale des sciences, belles-lettres et arts : *Actes*, A 101.
— Société linnéenne : *Actes*, B 881.

CAEN. — Société normande d'études préhistoriques : *Bulletin*, B 1694².

DUNKERQUE. — Société dunkerquoise pour l'encouragement des Sciences, des Lettres et des Arts : *Mémoires*, M 529.

LE MANS. — Société d'agriculture, sciences et arts de la Sarthe : *Bulletin*, B 1735.

LYON. — Académie des sciences, belles-lettres et arts : *Mémoires*, M 456.

MARSEILLE. — Faculté des sciences : *Annales*, A 310.
— Musée colonial : *Annales*, A 865.
— *Journal des Observateurs*, J 607.
— *Marseille médical*, M 46.
— **Provence médicale** (2).

MONTPELLIER. — École nationale d'agriculture : *Annales*, A 853 *bis*.

MULHOUSE. — Société industrielle : *Bulletin*, B 1634.

NANCY. — Académie Stanislas : *Mémoires*, M 558.
— École nationale des eaux et forêts : *Annales*, A 854¹.

NICE. — Observatoire : *Bulletin*, B 1031¹.

PARIS. — Académie d'agriculture de France : *Comptes rendus hebdomadaires des séances*, B 1861.
— Académie de médecine : *Bulletin*, B 894.
— Académie des sciences : *Annuaire*, I 235; *Comptes rendus hebdomadaires des séances*, C 758.

---

(1) Cote de l'*Inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris.* Paris, Masson, 1924-1925; 4 fasc. 23^{cm}. Les cotes du supplément de cet *Inventaire* portent un indice.

(2) Le titre des périodiques nouvellement créés est inscrit en caractères gras.

PARIS. — Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures. *Annuaire*, A 1280; *Bulletin*, B 914.

— Association amicale de secours des anciens élèves de l'École Normale supérieure : *Annuaire*, A 2386.

— Association amicale des élèves de l'École nationale supérieure des mines :*Annuaire*, A 1281; *Bulletin*, B 916.

— Association de documentation scientifique, industrielle et commerciale : *Bulletin*, A 2283.

— Association des anatomistes : *Compte rendu*, C 632.

— Automobile Club de France : *Bulletin officiel*, A 2603.

— Banque de France : *Assemblée générale des actionnaires*, B 14[1].

— Bureau des Longitudes : *Annuaire*, A 1370.

— Comité d'études minières pour la France d'outremer : *Annuaire*.

— Comité international des poids et mesures : *Procès-verbaux des séances*, C 564.

— Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée : *Rapport du Conseil d'administration*, R 61.

— Compagnie des chemins de fer du Midi : *Comptes de l'exercice; Rapport du Conseil d'administration*, R 71.

— Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans : *Rapports du Conseil d'administration et de la commission de vérification des comptes*, R 57.

— Compagnie universelle du canal maritime de Suez : *Le canal de Suez; Rapport du Conseil d'administration*, C 618[1].

— Conseil d'hygiène publique et de salubrité de la Seine: *Comptes rendus des séances*, C 742.

— Énergie électrique du nord de la France : *Assemblée générale ordinaire*.

— Exposition coloniale internationale : **Revue des Congrès.**

— Exposition coloniale internationale. Indochine française. Service météorologique : **Atlas.**

— Fédération française des étudiants catholiques : *L'étudiant catholique*.

— Fédération marbrière de France : *Le marbre*.

— Hôpital Saint-Michel : *Bulletin*.

— Institut de physique du globe. Station séismologique : *Bulletin séismique*.

— Institut des actuaires français : *Bulletin trimestriel*, B 1014.

— Institut Henri Poincaré : *Annales*.

— Institut océanographique : *Annales*, A 873.

— Institut Pasteur : *Annales*, A 874.

— Mines de Bruay : *Rapport aux actionnaires*.

— Ministère de l'agriculture. Commission d'études des ennemis des arbres, des bois abattus et des bois mis en œuvre : *Bulletin*.

— Ministère de l'agriculture. Institut des recherches agronomiques : *Annales des épiphyties*, A 1090.

— Ministère de la marine : *Annuaire de la Marine*, A 1355.

— Ministère des colonies. Institut national d'agronomie coloniale : *L'agronomie coloniale*, M 908.

PARIS. — Ministère du commerce : *Bulletin officiel de la propriété industrielle et commerciale*, C 98.
— Office international d'hygiène publique : *Bulletin mensuel*, B 1042.
— Office national météorologique de France : *Bibliographie météorologique*, B 2247; *Bulletin mensuel*, B 2247; *Bulletin quotidien de l'Afrique du Nord; Bulletin quotidien de renseignements*, B 2476[1]; *Bulletin quotidien d'études*, B 2475[1]; **Climatologie aéronautique** ; *Mémorial*, M 677 *bis*[1].
— Réseau des Émetteurs français : *Radio R. E. F.*
— Société amicale de secours des anciens élèves de l'École polytechnique : *Annuaire*, A 1291 et 1550; *Bulletin.*
— Société astronomique de France : *L'astronomie*, A 2471.
— Société de géographie : *La géographie*, G 233.
— Société de médecine de Paris : *Bulletins et mémoires*, B 1462 *bis.*
— Société d'encouragement pour l'industrie nationale : *Bulletin*, B 1296.
— Société des anciens élèves des Ecoles nationales d'arts et métiers : *Arts et métiers*, B 2506.
— Société des ingénieurs civils de France : *Annuaire*, A 1403; *Mémoires et Compte rendu des travaux*, M 583; *Procès-verbaux des séances*, P 631.
— Société des missions étrangères : *Annales.*
— Société française de photographie et de cinématographie : *Bulletin*, B 1608.
— Société française des électriciens : *Bulletin*, B 1644.
— Société française Hispano-Suiza : *Revue et Bulletin technique.*
— Société géologique de France : *Bibliographie des sciences géologiques*, B 245[1]; *Bulletin* B 1619; *Compte rendu sommaire des séances*, C 767.
— Société nationale d'horticulture de France : *Bulletin mensuel*, A 952.
— Société philomathique : *Bulletin*, B 1836.
— Société de secours des amis des sciences : *Annuaire*, C 679.
— Touring-Club de France : *Revue mensuelle*, R 1484.
— Union sociale d'ingénieurs catholiques : *Écho*, E 18.
— Université : *Livret de l'étudiant*, A 92.
— *Acier (L')*, A 110.
— *Annales de chimie*, A 832.
— *Annales de géographie*, A 837.
— *Annales de physique*, A 832.
— *Annales des ponts et chaussées, Partie administrative, Partie technique*, A 1473.
— *Anthropologie (L')*, M 129.
— *Archives de médecine et de pharmacie navales*, A 2134.
— *Bulletin des sciences mathématiques*, B 1843.
— *Chaleur et industrie*, C 202.
— *Chimie et industrie*, C 342.
— *Conférences d'actualités scientifiques et industrielles.*
— *Échos de la médecine (Les).*
— *Enseignement (L') mathématique*, E 278.
— *Gazette des hôpitaux civils et militaires*, L 27.

PARIS. — *Information (L') médicale*, I 174.
— *Journal d'agriculture pratique et journal de l'agriculture*, M 90.
— *Journal de chimie physique*, J 368.
— *Journal de pharmacie et de chimie*, B 1787.
— *Mémorial de l'artillerie française*, M 677 *bis*.
— *Mois colonial et maritime*, M 1085.
— *Mouseion*, M 1283[1].
— *Nature (La)*, N 52.
— *Presses universitaires de France*.
— *Progrès (Le) médical*, P 684.
— *Revue de l'alliance nationale*.
— *Revue de pharmacologie et de thérapeutique expérimentale*, R 1167[1].
— *Revue des combustibles liquides*, R 1214.
— *Revue des roulements à billes*, R 1256[1].
— *Revue d'optique théorique et instrumentale*, R 1338.
— *Revue générale de l'électricité*, L 183.
— *Revue générale des sciences pures et appliquées*, R 1362.
— *Revue maritime*, R 1025.
— *Revue pétrolifère*, R 1515 *bis*.
— *Revue scientifique illustrée* (revue rose), R 1216.
— *Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique, de biologie et de technologie*, T 18.
— *Technique (La) moderne*, T 50.
— *Tribune (La) médicale*, T 515.
— *Voyages et colonies*.

ROSCOFF. — *Travaux de la station biologique*, T 453.

ROUEN. — Société des amis des sciences naturelles : *Bulletin*, B 1527.
— Société industrielle : *Bulletin*, B 1636.

SAINT-ÉTIENNE. — *Revue de l'industrie minérale*, R 1123.

SANARY. — Association des mutilés de guerre de l'oreille et de tous les déficients de l'ouïe : *Revue des mutilés de l'oreille*, R 1242[2].

STRASBOURG. — Union géodésique et géophysique internationale, section de séismologie : *Comptes rendus des séances de la quatrième Conférence*.

TALENCE. — Observatoire : *Bulletin*, B 1032.

TOULON. — *Côte d'Azur (La) médicale*, C 1049[1].

TOULOUSE. — Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres : *Mémoires*, H 74.

Allemagne.

BERLIN. — Preussische Akademie der Wissenschaften : *Abhandlungen*, M 944; *Sitzungsberichte*, B 192.
— *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, A 2069.
— *Forschungen und Fortschritte*, F 101[1].

Bremen. — *Deutsches meteorologisches Jahrbuch*, E 351.
Freiburg im Breisgau. — *Geologische Spezialkarte von Baden.*
Göttingen. — Gesellschaft der Wissenschaften : *Nachrichten*, N 5.
Leipzig. — Sächsische Akademie der Wissenschaften : *Berichte über die Verhandlungen*, B 185.
München. — Akademie der. Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung : *Abhandlungen*, A 36; *Sitzungsberichte*, J 122.
Stuttgart. — *Mikrokosmos*, M 856 *bis*.

Autriche.

Wien. — Akademie der Wissenschaften : *Sitzungsberichte*, S 358.

Belgique.

Bruxelles. — Académie royale de médecine de Belgique : *Bulletin*, B 899.
— Ministère de l'agriculture : *Bulletin du Jardin botanique de l'État (Extraits)*, B 1995.
— Musée royal d'histoire naturelle de Belgique : *Bulletin*, B 2016; *Mémoires*, M 576
— Société belge de géologie : *Bulletin*, B 1178.
— Société royale de botanique de Belgique : *Bulletin*, B 1736.
— Société royale zoologique de Belgique : *Annales*, A 988.
— Société scientifique de Bruxelles : *Annales*, A 1101; *Revue des questions scientifiques*, R 1252.
— Université. *Recueil de l'Institut zoologique Torley-Rousseau*, R 208[1].
— *Revue de chirurgie plastique.*
Liége. — Société géologique de Belgique : *Annales*, A 980.
— Société royale des sciences : *Mémoires*, M 557.
Uccle. — Observatoire royal de Belgique; *Annuaire*, A 1315; **Bulletin astronomique**; *Bulletin séismique*, B 2490.

Danemark.

København (Copenhague). — Danmarks Geodaetisk Institut : *Bulletin of the seismological Station.*
— Danske meteorologiske Institut : *Publikationer*, P 882[1].
— Danske Videnskabernes-Selskabs 3 (Académie royale des sciences et des lettres) : *Biologiske Meddelelser*, D 13; *Mathematisk-fysiske Meddelelser*, K 59; *Mémoires.*
— *Danish Ingolf Expedition.*

Espagne.

Barcelona. — Museu de ciencies naturals : *Treballs*, T 501[2].
— Real Academia de ciencias y artes : *Boletin*, B 434; *Memorias*, M 693; *Nomina del Personal academico.*

BARCELONA. — Universidad. Facultad de Medicina : *Instituto de fisiologia*, U 105[1].
— *Junta de ciencias naturals*, A 318.
— *Ciencia*, C 397[1].
MADRID. — Academia de ciencias, fisicas y naturales : *Anuario*, A 1897; *Memorias*, M 692.
— Ministerio de Fomenta. Instituto español de oceanografia : *Boletin de oceanografia y Pesca*, P_r 977.
— Observatorio astronomico : *Anuario*, A 1908.
— Sociedad española de estudios fotogrametricos : *Anales*.
— Sociedad española de historia natural : *Boletin*, A 691; *Memorias*, M 696.
— Sociedad geografica nacional : *Boletin*, B 460; *Publicaciones*.
SAN FERNANDO. — Instituto y Observatorio de Marina : *Carta fotografica del cielo*.

Finlande.

HELSINKI (HELSINGFORS). — Academia scientiarum fennica : *Annales*, S 750; *FF (Folklore Fellows) Communications*, F 0[1].
— Commission géodésique baltique : *Comptes rendus des séances*, V 42[1].
— Commission géologique de Finlande : *Bulletin*, B 1093 *bis*.
— Finnischen geodätischen Institutes : *Veröffentlichungen*, S 751.
— Societas geographica fenniae : *Fennia*, F 32.
— Societas scientiarum fennica : *Bidrag till notur och folk*, B 318.
— *Catalogue photographique du ciel*.
KUOPIO. — Finnische Akademie der Wissenschaften. Magnetische Observatorium : *Veröffentlichungen*.

Grande-Bretagne.

BIRMINGHAM. — Natural History and Philosophical Society : *Annual Report*, B 363 *bis*; *Proceedings*, P 525.
CAMBRIDGE. — Observatory : *Annual Report*, C 48.
DUBLIN. — Royal Irish Academy : *Proceedings*, P 600.
EDINBURGH. — Royal Observatory : *Annual Report of the Astronomer Royal for Scotland*, A 1665.
— Royal Physical Society : *Proceedings*, P 601.
— Royal Society : *Proceedings*, P 602; *Transactions*, T 402.
GREENWICH. — Royal Observatory : *Report of the Astronomer Royal to the Board of Visitors*, R 429.
HARPENDEN. — Rothamsted Experimental Station : *Report*
LONDON. — British Astronomical Association : *Handbook*, B 742; *Journal*, J 798; *List of Members*, L 109 *bis*.
— Geological Society : *Geological Literature*, G 244; *Quarterly Journal*, Q 11.

LONDON. — Geological Survey of Nigeria : *Annual Report*, *Bulletin*, G 253.
— Institution of Mechanical Engineers : *Proceedings*, P 560.
— Meteorological Office : *Geophysical Memoirs*, M 783; *Meteorological Observations made in British Colonies and Protectorates; Monthly weather Report*, M 781; *Notes on the Meteorological Observations; Observatories' Year Book*, O 100[1]; *Professional Notes*, M 784; *Weekly Weather Report*, M 781.
— Meteorological office. Southport Auxiliary Observatory : *Annual Report and Results of Meteorological Observations*, B 671.
— National Physical Laboratory : *Collected Researches*, N 25; *Report for the Year*, N 26.
— Royal Astronomical Society : *Monthly Notices*, M 1256.
— Royal geographical Society : *Geographical Journal*, G 231 ;.
— Royal Institution of Great Britain : *Proceedings*, N 258; *Record*, R 196[1].
— Royal Microscopical Society : *Journal*, T 361.
— Royal Society : *Philosophical Transactions*, P 225; *Proceedings*, A 72; *Year Book*, Y 20.
— Royal Society of Medicine : *Proceedings*, P 603.
— *Bulletin technique concernant l'application du graphite colloïdal à l'industrie.*
— *Chemical News and Journal of Industrial Science*, C 311.
— *Discovery Reports.*
— *Nautical Almanach and Astronomical Ephemeris*, N 73.
— *World Power.*
MANCHESTER. — Literary and Philosophical Society ; *Memoirs and Proceedings*, M 627.
SIDMOUTH. — Norman Lockyer Observatory : *Directors' annual Report*, N 203[2].

Grèce.

ATHÈNES. — Académie d'Athène : *Praktica.*
— Observatoire national : *Annales*, A 897.

Hongrie.

BUDAPEST. — *Geographica Hungarica.*

Italie.

BARI. — *L'Atlantide in Italia.*
BOLOGNA. — Osservatorio astronomico della R. Universita : *Pubblicazioni*, P 784 *bis.*
— Spedizione italiana de Filippi nell' Himálaia caracorum et Turchestán cinese (1913-1914) : *Geodesia e geofisica.*
— *Attualità Scientifiche*, A 2574[2].
— *Bibliografia italiana*, B 226 *bis.*
CATANIA. — Reale Osservatorio astrofisico di Catania : *Annuario*, R 175[1].
CITTA DEL VATICANO. — Pontificia Academia scientiarum nuovi Lincei : *Annuario; Atti*, A 2538; *Memorie*, M 708; **Scientiarum nuncius radiophonicus.**
— Specola astronomica vaticana : *Miscellanea astronomica*, S 550.
MILANO. — Fondazione scientifica Cagnola dalla sua Istituzione in poi : *Atti*, A 2543.

MILANO. — Reale Istituto lombardo di scienze e lettere : *Rendiconti*, R 175.
— *Scientia*, R 1665.
NAPOLI. — Società reale di Napoli. Academia delle scienze fisiche e matematiche : *Atti*, A 2536; *Rendiconti*, R 332.
PADOVA. — Universita : *Rendiconti del Seminario Matematico.*
PALERMO. — Circolo matematico : *Rendiconti*, R 329.
PARMA. — Ministerio dei lavori pubblici. Servizio idrografico. Ufficio idrografico del Po : *Annali idrologici*, U 8[1]; *Pubblicazioni.*
— Ministerio dei lavori pubblici. Circolo superiore d'ispezione per il Po : *Bollettino annuale*, B 563 *bis*[1]; *Bollettino trimestriale.*
PISA. — Reale Scuola d'ingegneria : *Pubblicazioni*, R 177 *bis*[1].
REGGIO. — R. Stazione sperimentale per l'industria delle essenze e dei derivati degli agrumi : *Bollettino ufficiale*, B 659[1].
ROMA. — Consiglio nazionale delle ricerche : *Bollettino d'informazioni; La ricerca scientifica.*
— Consiglio nazionale delle ricerche. R. Comitato talassografico italiano : *Memorie*, S 394[1].
— Federazione italiana nazionale fascista per la lotta contro la Tuberculosi : *Lotta contro la Tuberculosi.*
— Institut international d'agriculture : *Revue internationale d'agriculture*, B 1902.
— Ministère des corporations du royaume d'Italie : *Feuille d'informations corporatives.*
— Ministero dell' aeronautica. Direzione generale dei servizi dei materiali e degli aeroporti : *Riassunto mensile.*
— Ministero dell' aeronautica. Direzione generale dei servizi del materiali e degli aeroporti. Ufficio presagi : *Annali*, A 1140[1]; *Annuario; Sondaggi aerologici.*
— Ministero dell' agricoltura e delle foreste : *Nuovi annali dell' Agricoltura*, A 1131.
— Reale Accademia d'Italia : *Annuario.*
— Reale Accademia nazionale dei Lincei : *Annuario*, A 1851; *Atti*, A 2546; *Memorie*, A 2546; *Rendiconti*, A 2546.
— Ufficio centrale meteorologico e geodinamico italiano : *Annali*, A 1140.
TORINO. — Academia pro Interlingua : *Schola et Vita.*
VENEZIA. — Reale Istituto veneto di scienze lettere ed arti : *Atti*, A 2571.

Monaco.

MONACO. — Institut océanographique : *Bulletin*, B 2015.

Norvège.

BERGEN. — Museum : *Aarsberetning*, B 118; *Årbok*, B 118; *Skrifter*, B 119.
OSLO. — Norske videnskaps-Akademi : *Geofysiske Publikasjoner*, G 221 *bis*; *Report of the scientific results of the norwegian expedition to novaya zemlya.*
— Norwegischen meteorologischen Institut : *Jahrbuch*, N 214.

Pays-Bas.

Amsterdam. — Nederlandsche botanische Vereeniging : *Nederlandsch Kruidkundig archief*, N 92.

— *Recueil des travaux botaniques néerlandais*, N 92.

De Bilt. — Koninklijk nederlandsch meteorologisch Instituut : *Annuaire; Ergebnisse aerologischer Beobachtungen; Mededeelingen en Verhandelingen; Monthly meteorological Data for ten-degree squares in the oceans; Overzicht der meteorologische waarnemungen, verricht op de meteorologische stations in Nederlandsch West-Indië; Seismeische registrierungen in De Bilt*, S 272.

Groningen. — Kapteyn astronomical Laboratory : *Publications*, P 849.

Haarlem. — Musée Teyler : *Archives*, A 2162.

— Société hollandaise des sciences : *Archives néerlandaises de phonétique expérimentale; Archives néerlandaises de physiologie de l'homme et des animaux*, A 2185; *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles*, A 2185.

Leiden. — Physical laboratory of the University : *Communications*, C 616.

'S Gravenhage. — Institut international de Statistique : Office permanent de Statistique : *Bulletin mensuel*, I 254.

— *Flora batava ofbeelding en Beschrijving der nederlandsche Gewassen.*

Pologne.

Krakóv (Cracovie). — Akademja Gornicza : (Académie des Mines) *Rozprawa przedlozona; Travaux*, T 437[1].

Lwow. — Société polonaise des naturalistes « Kopernik » : *Kosmos*, K 89[1].

— *Studia mathematica.*

Poznan. — *Szkoly Akademickie*, S 794[2].

Warszawa (Varsovie). — Astronomical Observatory of the Warsaw University : *Circular; Publications*, P 849[1].

— Nencki Institute of experimental Biology 1920-1927 : *Acta Biologiæ experimentalis.*

— Societas botanicorum Poloniæ : *Acta*, A 134[1].

— Société des sciences et des lettres : *Annuaire* (*Rocznik*), R 1704[4]; *Comptes rendus des séances* (*Sprawozdania*), C 671; *Contributions à la flore de la Pologne* (*Planta Polonica*).

Wilno. — Société des sciences et des lettres : *Travaux.*

— Towarzystwo Przyjaciól Nauk (Société des amis des sciences) : *Rozprawy.*

Portugal.

Coimbra. — Universidad : *Boletim bibliografico da biblioteca*, B 385 *bis*.

— Universidade. Observatorio astronomico : *Anaïs.*

Lisboa. — Universidade. Museu e Laboratorio mineralogico e geologico : **Boletim.**

LISBOA. — *Archivo de medicina legal.*

PORTO. — Faculdade de sciencias : *Anaïs*, A 655[1].

Roumanie.

BUCURESTI (BUCAREST). — Académie roumaine : *Bulletin de la section scientifique*, B 1147.

— Institut national roumain pour l'étude de l'aménagement et de l'utilisation de sources d'énergie : *Publications.*

— Société médicale des hôpitaux : *Bulletins et Mémoires*, B 2170.

TIMISOARA. — École polytechnique : *Bulletin scientifique.*

Russie.

IRKUTSK. — Geological and prospecting Survey : *East-siberian branch.*

KHARKOW. — *Journal chimique de l'Ukraine*, O 265[2].

KIEFF. — Académie des sciences de l'Ukraine : *Mémoires de la classe des sciences naturelles et techniques; Bulletin et Mémoires de la classe des sciences physiques et mathématiques*, O 265[1]; *Procès-verbaux (Bicti); Travaux de l'Institut démographique; Ukrainæ tabularium.*

— *Ukrainien (The) Botanical Review.*

LENINGRAD. — Académie des sciences : *Comptes rendus*, C 628.

— Académie des sciences. Institut for Kontrolling Pest and Diseases : **Bulletin.**

— Académie des sciences. Institut géomorphologique : **Travaux.**

— Académie des sciences. Musée géologique : *Travaux*, T 532 *bis*[2].

— Académie des sciences. Musée minéralogique : *Travaux*, T 540[1].

— Académie des sciences. Pacific Committee : *Transactions.*

— Comité géologique : *Mémoires*, M 571.

— Institut de médecine expérimentale : *Archives des sciences biologiques*, A 2157.

— Lenin's Academy of Agricultural Sciences. Bureau of Agrometeorology : *Transactions.*

— Lenin's Academy of Agricultural Sciences. Institute of Plant industry : *Plant protection.*

— Société russe de minéralogie : *Mémoires*, V 72.

— State Institute of Experimental Agronomy. Meteorological Bureau : *Contributions to Agricultural Meteorology.*

— *Priroda (La Nature)*, P 479[1].

MOSKVA (MOSCOU). — Geological and prospecting Service : *Bulletin; Transactions.*

— Scientific Research Department of the supreme Council of national Economy : *Transactions.*

— Scientific technical Department of the supreme Council of national Economy : *Transactions*, S 232[1].

— Service géologique : *Résumé.*

Moskva. (Moscou). — Station biologique : *Bulletins.*
— *General geological Map.*
— *Revue zoologique russe*, R 1612[1].
— *Statistical Summary on the Mineral Industry of the U. S. S. R.*, S 606[1].
Taskent. — Astronomical Observatory : *Publications*, P 831.
Tiflis. — Geophysikalisches Observatorium Georgiens : *Magnetische Abteilung.*
Tomck. — Tomsker Staats-Universität : *Berichte.*
— Tomsker Staats-Universität. Biologischen Fakultät : **Wissenschaftliche Berichte.**
Vladivostok. — Observatoire géophysique central : *Annales.*

Suède.

Abisko. — Natürvetenskaplige Station : *Observations météorologiques à Vassijaure*, A 67.
Göteborg. — Kunglika Vetenskaps-och Vitterhets-Samhälles : *Bihang; Handlingar.* G 374.
Stockholm. — K. Svenska Vetenskaps Akademiens : *Arkiv för botanik*, B 331 ; *Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi*, B 331 ; *Arkiv för Matematik, Astronomi och. Fysik*, B 331 ; *Arkiv för Zoologi*, B 331 ; *Årsbok*, K 67 ; *Handlingar*, S 775 ; *Skrifter i naturskyddsärenden*, K 67[1].
— Observatorium : *Astronomiska i akttagelser och undersökningar*, A 2490.
— Statens meteorologisk hydrografiska anstalt : *Årsbok*, S 590[1] ; *Meddelanden*, M 174.
— Sveriges geologiska undersökning, S 776 : *Årsbok*, S 776 *bis ; Kartblad.*
— *Acta mathematica*, A 126.
— *Les prix Nobel*, P 483.
Uppsala. — Lebensversicherungs Aktiengesellschaft Thule : *Abhandlungen.*
— Regiae Societatis Scientiarum Uppsaliensis : *Nova acta*, A 125.
— Université : *Årsskrift.*
— Université. Astronomiska Observatorium : *Meddelanden.*
— Université. Observatoire météorologique : *Bulletin mensuel*, B 2318.
— *Zoologiska Bidrag*, Z 218.

Suisse.

Bâle. — Société de chimie helvétique : *Helvetica chimica acta*, H 52.
— Société helvétique des sciences naturelles. Commission géologique : *Atlas géologique de la Suisse.*
— *Catalogue des écrits académiques suisses*, C 97.
Berne. — Bibliothèque nationale suisse : *Rapport*, B 309[1].
Genève. — Observatoire : *Publications*, O 29.
— Société astronomique Flammarion : *Bulletin*, B 1171[1].
— *Archives des sciences physiques et naturelles*, B 313.
Lausanne. — Institut international de mécanoculture : *Le courrier de l'I. M. C.*
— Société vaudoise des sciences naturelles : *Bulletin*, B 1862 ; *Mémoires*, M 558[1].

ZURICH. — Eidgenössische Sternwarte : *Astronomische Mitteilungen*, M 1066.
— Eidgenössiche Sternwarte. International astronomical Union : *Bulletin for character figures of solar phenomena.*
— Schweizerischen meteorologischen zentral-Anstalt : *Annalen*, S 165.

Tchécoslovaquie.

BRNO. — École des hautes études vétérinaires : *Publications biologiques* (*Biologicke Spisky*), P 821[1].
— École supérieure d'agronomie : *Bulletin*, B 989[2].
— Faculté de médecine : *Publications*, P 835[2].
— Societatis scientiarum naturalium moraviæ : *Acta*, A 140[1].
— Université Masaryk : *Publications de la Faculté des sciences*, S 558.

PRAHA (PRAGUE). — Ceská Akademie Věd a Uměni (Académie tchèque des sciences et des arts) : *Bulletin international*, B 2197; *Encyklopedie prirodnich Ved; Filosoficka biblioteka; Nova encyclopedie prirodnich věd; Novočeska Knihovna; Paleontographica bohemiæ*, P 14[1]; *Predlozeno; Rozpravy*, R 1740; *Sbornik prirodovedecky*, S 120[2].
— Ceskoslovenské Akademie Zemědělské (Académie tchécoslovaque d'agriculture); *Věstnik.*
— Ceskoslovenská Společnost entomologická : *Casopis*, C 85[1].
— Jednota ceskoslovenskych Matematiků a fysiků : *Časopis pro pěstovani matematiky a fysiky*, C 89.
— Observatoire national : *Publications*, P 833[1]; *Rocnik.*
— *Collection des travaux chimiques de Tchécoslovaquie*, C 511[1].

Yougoslavie.

BEOGRAD (BELGRADE). — Académie royale serbe des sciences et des arts : *Archives; Comptes rendus.*

ZAGREB. — Académie des sciences et des arts : *Bulletin des travaux de la classe des sciences mathématiques et naturelles*, I 430[1]; *Bulletin international* (*Rad.*), R 6; *Prirodoslovna Istrazivanja*, P 479[2]; *Veterinarski archiv.*

ASIE.

Chine.

CANTON. — Geological Survey of Kwangtung and Kwangsi : *Annual Report; Special Publications.*
— Observatoire de l'Université Sun Watsen : *Revue bimensuelle.*

Chang-Haï. — Observatoire de Zô-Sé : *Annales*, A 881.
Hangchow. — Bureau of Entomology of Chekiang Province : *Miscellaneous Publication.*
Hong-Kong. — Royal Observatory : *Monthly Meteorological Bulletin*, M 1254[1]; *Monthly Seismological Bulletin*, M 1267[2]; *Report of the Director*, R 460.
Nanking. — Academia Sinica. Metropolitan Museum of Natural History : *Sinensia.*
— Academia Sinica : National Research Institute of Meteorology : *Annual Meteorological Report*; *Monthly meteorological Bulletin.*
— Science Society of China : *Contributions from the biological Laboratory.*
Peiping (Peking). — Geological Survey of China : *Bulletin*, B 2366 *bis*; *Monthly Seismological Bulletin*, M 1267[2]; *Paleontologia sinica*, P 16 *bis.*
— Geological Society of China : *Bulletin*, B 2365[1].
— National Library : *Annual Report.*
— National Tsing Hua University : **Science Report.**

États du Levant sous Mandat français.

— Service central météorologique : **Bulletin climatique.**

Indes anglaises.

Allahabad. — Indian Mathematical Society : *Journal*, J 818; *Report of the Conference.*
Bombay. — Government Observatories : *Magnetic Meteorological and Seismographic Observations*, M 60.
Calcutta. — Geological Survey of India : *Memoirs*, M 620; *Records*, R 193.
— Indian Museum : *Records*, R 196.
Ceylon. — *Ceylon Journal of Science*, C 198[1].
Kodaikanal. — Observatory : *Bulletin*, K 49; *Report*, A 1713.
Simla. — India Meteorological Department : *Magnetic Meteorological and Seismographic Observations.*

Indochine.

Hanoï. — Inspection générale des Mines et de l'Industrie. Service de la Statistique générale de l'Indochine : *Annuaire statistique de l'Indochine.*
— *Bulletin économique de l'Indochine*, B 2153.
Phu Lien. — Observatoire central. Service météorologique de l'Indochine : *Annales ; Bulletin mensuel des Observations*, B 2283[1]; *Bulletin pluviométrique*, O 85.

Japon.

Hiroshima. — University : *Journal of Science.*
Kyoto. — Imperial Université : *Acta scholæ medicinalis*, A 134.
— Imperial University. College of Engineering : *Memoirs*, M 615.

KYOTO. — Imperial University. College of Science : *Memoirs*, M 615.

NAGOYA. — Aichi University (Aichi-Ikwa-Daigaku) : *The Nagoya Journal of Medical Science*, N 8[1].

PORT-ARTHUR. — Ryojun College of Engineering : *Memoirs*, M 641[1]; *Reports*.

SAPPORO. — Hokkaido Imperial University. Faculty of Engineering : *Memoirs*, M 616[2].

— Hokkaido Imperial University . Faculty of Science : **Journal.**

SENDAI. — General Department of Scientific Research of Saito-Ho-On-Kai : *Annual Report of the Work*, A 1814[1].

— Tôhoku Imperial University : *Science reports*, S 215 *bis; Mitteilungen über allgemeine Pathologie und pathologische Anatomie*, M 1065[1]; *Technology reports*, T 59; *Tôhoku Journal of Experimental Medecine*, T 179; *Tôhoku Mathematical Journal*, T 186.

— Tôhoku Imperial University. Anatomische Institüte : *Arbeiten*, A 1949.

TOKYO. — Astronomical Society of Japan : *Observations of variables Stars.*

— Athénée français : *Rapport annuel.*

— Chemical Society of Japan : *Bulletin*, B 2355[1].

— Imperial Academy : *Proceedings*, P 554[1].

— Imperial University (Tokio Teikoku Daigaku) : *Calendar*, T 182.

— Imperial University : Aeronautical Research Institute : *Report*, R 425[1].

— Imperial University. Astronomical Observatory : *Annals*, *Astronomical Bulletin.*

— Imperial University. College of Agriculture : *Memoirs.*

— Imperial University. College of Engineering : *Memoirs.*

— Imperial University. Faculty of Science : *Journal*, M 642; *Memoirs.*

— Imperial University. Government Institute for Infections Diseases : *Japanese Journal of Experimental Medecine.*

— Institute of Electrical Engineers of Japan : *Journal.*

— Institute of Physical and Chemical Research : *Bulletin*, B 2377[1]; *Scientific Papers*, S 229.

— Japanese National Committee World Power Conference : *Bulletin of Publications dealing with Powel and Fuel.*

— National Research Council of Japan : *Japanese Journal of Astronomy and Geophysics*, J 245; *Japanese Journal of Botany*, J 245 *bis*; *Japanese Journal of Medical Sciences*; *Japanese Journal of Physics*, J 245 *quinter*; *Report.*

— National Research Council of Japan. Radio Research Committee : **Reports of Radio Researches and Works in Japan.**

— Physico-mathematical Society of Japan : *Proceedings*, T 184.

— Society of Chemical Industry : *Journal*, J 853[1].

— University of Litterature and Science (Tokio Bunrika Daigaku) : *Science Reports.*

— *Acta phytochimica*, A 131.

Siam.

BANGKOK. — Royal Survey Department : *Report on the Operations.*

Syrie.

Ksara. — Observatoire : *Annales*, A 885[1].

AFRIQUE.

Algérie.

Alger. — Institut Pasteur d'Algérie : *Archives*, A 2116[3].

British East African.

Nairobi. — Meteorological Service : *Results of Meteorological Observations; Summary of Rainfall.*

Égypte.

Cairo. — Ministry of Agriculture. Technical and Scientific Service : *Bulletin.*

Madagascar.

Tananarive. — Académie Malgache : *Bulletin*, B 2510.
— Gouvernement général de Madagascar et dépendances : *Bulletin économique mensuel* B 2154.

Maurice (Ile).

Port-Louis. — Royal Alfred Observatory : *Results of Magnetical and Meteorological Observations*, M 771; *Results of Magnetical Meteorological and Seismological Observations*, M 771.

Nigéria.

Voir **Grande-Bretagne**. London. — Geological Survey of Nigeria.

Sénégal.

Dakar. — Inspection générale des Travaux publics. Service météorologique : *Observations météorologiques; Observations néphoscopiques; Observations sismologiques*

Tunisie.

Tunis. — Institut Pasteur de Tunis : *Archives*, A 2117.

Union of South Africa.

BLOEMFONTAIN. — Nasionale Museum : *Paleontologiese Navorsing.*
CAPETOWN. — Royal Observatory Cape of good Hope : *Report of His Majesty's Astronomer at the Cape of Good Hope to the Secretary of the Amiralty*, R 424.

AMÉRIQUE.

Argentine.

BUENOS-AIRES. — Ministerio de agricultura : *Seccion propaganda e informes*, R 564[1].
— Ministerio de agricultura. Direccion de meteorologia : *Anales; Resumen mensual de la Carta del Tiempo*, R 630[3].
— Sociedad argentina de ciencias naturales : *Physis*, P 324.
— *Revista médica latino-americana*, R 880[1].

Brésil.

RIO DE JANEIRO. — Academia brasileira de sciencias : *Annaes.*
— Museo nacional : *Archivos*, A 2280; *Boletim*, B 406 *bis*[1].
— Observatorio nacional : *Annuario*, A 1868; *Taboas das marés*, T 28[1].
— Sociedade Brasileira de Chimica : *Revista Brasileira de Chimica*, R 686[1].
— *Revista medico-cirurgica do Brasil*, R 883.
SAO PAULO. — Museu Paulista : *Revista*, R 823.
— *Revista polytechnica*, R 909[2].

Canada.

HALIFAX. — Nova Scotian Institute of Sciences : *Proceedings and Transactions*, P 493.
MONTREAL. — Université : *Annuaire général.*
OTTAWA. — Canadian Patent Office : *Record and Register of Copyrights and Trade Marks*, C 66.
— Department of Marine. Canadian Hydrographic Service : *Tide Tables for the Atlantic Coasts of Canada; Tide tables for the Pacific Coast of Canada.*
— Department of Mines : *Mines Branch; Reports*, C 55.
— Department of Mines. Geological Survey : *Economic geology series; Memoirs; Summary Reports*, S 745.
— Department of Mines. Musée national du Canada : *Bulletin.*
— Department of the Interior. Dominion Observatory : *Publications*, D 137.

TORONTO. — Biological Stations of Canada : *Contributions to Canadian Biology and Fisheries*, C 1001.
— Minister of Fischeries. Biological Board of Canada : *Bulletin*, B 2346[2].
— Royal Canadian Institut : *Transactions* C 63.
VICTORIA. — Department of the Interior. Dominion Astrophysical Observatory : *Publications*, P 856.

Chili.

CONCEPCION. — Sociedad de Biologia : **Boletin.**
SANTIAGO : Observatorio del Salto : *Boletin*, B 522[1].

Cuba.

LA HABANA. — *Boletin oficial de marcas y patentes*, B 558.

États-Unis.

ALBANY. — Université of the State of New-York. New-York State Museum : *Bulletin*, B 2397 *bis; Handbook*, A 622[4].
— *Astronomical Journal*, A 2454.
ANN ARBOR. — University of Michigan. Academy of Science, Arts and Letters : *Papers*.
— University of Michigan. Department of Engineering Research : *Bulletin; Circular*.
— University of Michigan. Museum of Zoology : *Occasional Papers*, O 121.
— University of Michigan. Observatory : *Publications*, D 149.
BALTIMORE. — International Union for the Scientific Investigation of Population Problems : *Bulletin*.
BERKELEY. — University of California : *Memoirs*, M 644; *Publications*, U 149.
BOSTON. — American Academy of Arts and Sciences : *Memoirs*, M 603; *Proceedings*, P 500.
BOULDER. — University of Colorado : *Bulletin*, C 106.
CAMBRIDGE. — Harvard College Observatory : *Annals*, A 1192; *Annual Report of the Director*, A 1714; *Bulletin*, H 30; *Circular*, A 2468.
— Massachussetts Institute of Technology : *Abstracts of Scientific and Technical Publications*, M 123[3] et A 71[1].
CHARLOTTESVILLE. — State Agricultural and Mechanical College. Polytechnic Institute : *Bulletin*.
— University of Virginia. Leander Mac Cormick Observatory : *Publications*, P 864.
CHICAGO. — *Professional Engineer*.
CINCINNATI. — University. Observatory : *Publications*, P 854.
EASTON. — American Chemical Society : *Journal*, J 780.
— National Academy of Sciences, voir Washington National Academy of Sciences.
FLAGSTAFF. — Lowell Observatory : *Observation Circular*.
GENEVA. — New-York State Agricultural Experimental Station : *Annual Report*, N 142; *Bulletin; Technical Bulletin*, N 143.

HOUGHTON. — Michigan College of Mining and Technology : *Bulletin.*
KINGSTON. — Agricultural experimental Station : *Bulletin.*
LOS ANGELES. — Southern California Academy of Sciences : *Bulletin.*
MADISON. — American Astronomical Society : *Publications*, P 848.
MINNEAPOLIS. — University of Minnesota. Astronomical Observatory : *Measures of Double Stars.*
MOUNT HAMILTON. — University of California. Lick Observatory : *Bulletin*, L 81.
NEW-YORK. — American Mathematical Society : *Transactions*, T 252.
— American Physical Society : *Physical Review*, P 307.
— Meteorological Observatory, N 157[1]; *Annual Tables.*
— New-York Academy of Sciences : *Annals*, A 1300.
OBERLIN. — Oberlin College : *Laboratory Bulletin*, L 14.
PALO ALTO. — Terrestrial Electric Observatory : *Bulletin.*
PASADENA. — Mount Wilson Observatory : *Annual Report of the Director*, R 461; *Contributions*, C 76.
PHILADELPHIA. — Academy of Natural Sciences : *Proceedings*, P 498; *Year book*, A 1656[1].
— American Philosophical Society : *Proceedings*, P 506.
— Franklin Institute : *Journal*, J 812.
PITTSBURGH. — University Allegheny Observatory : *Publications*, P 847.
PRINCETON. — University Observatory : *Contributions*, C 997.
ROCHESTER. — Eastman Kodak Company : *Abridged Scientific Publications from the Kodak Research-Laboratory*, A 68.
ROCK-ISLAND. — Augustana Library : *Publications*, A 2575[2].
ROLLA. — Missouri Bureau of Geology and Mines : *Biennal Report of the State Geologist* B 328 *bis; Publications*, P 868.
SAN DIEGO. — Museum : *Bulletin.*
— Society of Natural History : **Memoirs**; *Transactions*, T 402[1].
SAN FRANCISCO. — California Academy of Sciences : *Occasional Papers*, O 120; *Proceedings*, P 534.
STORRS. — Agricultural Experimental Station : *Bulletin.*
WASHINGTON. — Carnegie Institution : *Publications*, C 77.
— Department of Agriculture : *Circular*, D 113[1]; *Farmers' Bulletin*, U 78; *Monthly Weather Review*, M 1269; *Technical Bulletin*, U 80[1].
— Department of Agriculture. Bureau of Entomology : *Report of the Entomologist.*
— Department of Commerce. Bureau of Standards : *Building and Housing Publications; Circular*, C 419; *Commercial Standard; Handbook Journal of Research*, B 2555[1]; *Miscellaneous Publications*, D 119; *Standard Year Book.*
— Department of Commerce. Coast and Geodedic Survey : *Special Publication.*
— Department of the Navy. Bureau of Navigation : *American Ephemeris and nautical Almanac*, A 584.
— Department of the Navy. Naval Observatory : *Annual Report*, S 789; *Publications*, A 2464.
— Library of Congress : *Report of the Librarian*, L 79.
— National Academy of Sciences : *Proceedings*, P 574.

WASHINGTON. — National Research Council : *Bulletin*, B 2392; *Report; Reprint and Circular Series*, R 563[1].

— Smithsonian Institution : *Annual Report of the Board of Regents*, A 1674.

— Smithsonian Institution. Bureau of Ethnology : *Smithsonian Miscellaneous Collections*, S 381.

— Smithsonian Institution. National Museum : *Bulletin*, S 380; *Proceedings*, P 612; *Report*, R 553.

— State College : *Research Studies.*

— *Journal of Agricultural Research*, J 718.

Mexique.

MEXICO. — Instituto de Biologia : *Anales.*

— Instituto geologico : *Anales*, A 713; *Boletin*, B 445; **Cartas geologicas mineras de la Republica mexicana.**

— Sociedad cientifica « Antonio Alzate » : *Memorias y Revista*, M 695.

— *Estadistica National.*

— *Obras publicas.*

— *Revista mexicana de Ingenieria y Arquitectura*, R 896 *bis*[1].

TACUBAYA. — Universidad nacional. Observatorio astronomico nacional : *Catalogo astrografico.*

Paraguay.

ASUNCIÖN. — Sociedad cientifica : *Revista*, R 758 *bis*[1]

Pérou.

LIMA. — Compañia administradora del Guano : *Boletin.*

— *Revista de ciencias*, R 721 *bis.*

Uruguay.

MONTEVIDEO. — Facultad de medicina : *Anales*, A 681.

Venezuela.

CARACAS. — Colegio de ingenieros de Venezuela : *Revista*, R 803[1].

OCÉANIE.

Australie.

SYDNEY. — Australian national Research Council : *Australian Science Abstract*, A 2596[2].

— Royal Society of New South Wales : *Journal and Proceedings*, T 390.

Indes Néerlandaises.

Bandoeng. — Netherlands East Indian Volcanological Survey : *Bulletin*, B 2392[1].
— Dienst van den Mijnbouw : (Service géologique) *Jaarboek van het Mijnwezen Nederlandsch-Indië*, J 7; *Wetenschappelijke mededeelingen*, W 43[1] et D 204[1].
— *Jaarboek Nynwezen Nederlandsch Indie*, J 7.
Batavia. — Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium : *Observations*, O 48; *Regenwaarnemingen in Nederlandsch-Indië; Seismological Bulletin*, E 326; *Verhandelingen*, K 80.
— Koninklijke Natuurkundige Vereeniging in Ned.-Indië : *Natuurkundig tijdschrift voor Nederlandsch-Indië*, N 70.
Buitenzorg. — Instituts scientifiques « 's Lands Plantentuin » : (Jardin Botanique de Buitenzorg) *Bulletin du Jardin botanique*, S 376; *Treubia, recueil de travaux zoologiques hydrobiologiques et océanographiques*, T 503 *ter*.
Weltevreden. — Koninklije Natuurkundige Vereeniging in Nederlandsch-Indië Science Concil : *Natuurkundig tijdschrift voor Nederlandsch-Indië*, N 70.

ERRATA.

(Séance du 17 mai 1932.)

Note de M. *André Blondel*, Effet de l'hystérésis dans le chauffage par champ magnétique oscillant :

Page 1700, lignes 9 et 11, *au lieu de* j, *lire* 2; ligne 22, *au lieu de* B, *lire* D.
Page 1701, ligne 8, *au lieu de* ω, *lire* α et ajouter dr; ligne 11, supprimer j au dénominateur.

(Séance du 30 mai 1932.)

Note de M. *Raymond-Hamet*, Sur la classification naturelle des amines voisines de l'adrénaline :

Page 1984, ligne 1 de la note (¹), *au lieu de* Cette action reste, il est vrai, hypothétique, *lire* Ce théorème reste, il est vrai, hypothétique.

FIN DU TOME CENT-QUATRE-VINGT-QUATORZIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1932.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 194.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

U

V

X

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS ET Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
94944-32 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.